



Bakalářská práce

Návrh, implementace a realizace aplikace snímacích kamer do
pivotů nahrazujících zpětné zrcátka na elektromobil Titan

Design, implementation and realization the application of cameras
replacing the rear-view mirrors on the Titan electric car

Jméno autora: Jiří Mácha

Rok odevzdání: 2021

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta materiálově-technologická
Katedra materiálů a technologií pro automobily

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Mácha

Studijní program:

B3923 Materiálové inženýrství

Studijní obor:

3911R034 Materiály a technologie pro automobilový průmysl

Téma:

Návrh, implementace a realizace aplikace snímacích kamer nahrazující
zpětné zrcátka elektromobilu Titan
Design, implementation and realization the application of cameras
replacing the rear-view mirrors on the Titan electric car

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše speciálních typů zpětných zrcátek.
2. Definování funkční struktury návrhu.
3. Návrh konstrukce dle funkčních požadavků.
4. Realizace funkčního prototypu.
5. Vyhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Kolesár, Z. Kapitoly z dejin dizajnu 1. Bratislava : Slovenské centrum dizajnu, 1998. ISBN 1335-034X.
- [2] Dreyfuss, Henry. The measure of man : human factors in design. New York : Whitney Library of Design, 1960.
- [3] ŠMÍD, M. Ergonomické parametry. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1976. 200 s.
- [4] W. H. Hucho, Aerodynamics of Road Vehicles: From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering, Society of Automotive Engineers Inc, 1998
- [5] Dokumentace - bibliografické citace: obsah, forma, struktura : ČSN ISO 690. Praha: Český normalizační institut, 1996.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **MgA. Rostislav Zapletal**

Datum zadání: 30.11.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021

doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navrhnout funkční design pouzder pro implementaci snímacích kamer nahrazujících klasická zpětná zrcátka pro elektromobil Titan. V teoretické části se seznámíme se současným využitím této technologie v moderním automobilovém průmyslu. Praktická část si dává za cíl zkonstruování takového návrhu a jeho realizaci ve fyzické podobě.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to design a functional shape of housings for the future implementation and realization the application of cameras replacing the rear-view mirrors on the Titan electric car. In the theoretical part we will get a closer look to the current use of this technology in the modern automotive industry. The practical part aims to construct all the functional parts of the system and implement them in its physical form.

KLÍČOVÁ SLOVA

Snímací kamerový systém; aerodynamický odpor; slepý úhel; zorné pole; digitální zpětná zrcátka; zobrazovací displej; virtuální zpětná zrcátka; nepřímý výhled

KEYWORDS

Camera-monitor system; aerodynamic drag; blind spot; field of view; digital rear-view mirrors; display screen; virtual rear-view mirrors; indirect view

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval MgA. Rostislavu Zapletalovi za odbornou konzultaci a pomoc při vedení této bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Tomáši Pawlenkovi za spolupráci spojenou s realizací praktické části práce.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	
1 DEFINOVÁNÍ FUNKČNÍCH POŽADAVKŮ NA NÁVRH POUZDRA SNÍMACÍCH KAMER.....	11
2 PŘEDPISY O SCHVALOVÁNÍ SNÍMACÍCH KAMEROVÝCH SYSTÉMŮ.....	13
2.1 PŘEDPIS EHK OSN č. 46.....	13
2.2 MEZINÁRODNÍ NORMA ISO 16505:2015	14
2.2.1 ZÁKLADNÍ TERMÍNY A DEFINICE.....	14
2.3 VÝZKUMNÝ PROTOKOL MINISTERSTVA DOPRAVY A DIGITÁLNÍ INFRASTRUKTURY (BMVI)	17
2.4 VÝZKUMNÝ PROTOKOL NÁRODNÍ SPRÁVY BEZPEČNOSTI SILNIČNÍHO PROVOZU (NHTSA).....	20
2.4.1 ZORNÉ POLE - SROVNÁNÍ	21
2.4.2 KVALITA OBRAZU - SROVNÁNÍ	21
3 REŠERŠE SOUČASNÉHO POUŽITÍ SNÍMACÍCH KAMEROVÝCH SYSTÉMU V AUTOMOBILECH.....	23
3.1 VOLKSWAGEN XL1	24
3.2 LEXUS ES.....	25
3.3 AUDI E-TRON.....	28
3.4 HONDA E.....	29
3.5 MERCEDES-BENZ ACTROS	32
3.6 KOENIGSEGG GEMERA.....	34
3.7 VALEO SIGHTSTREAM.....	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	
4 NÁVRH SNÍMACÍHO KAMEROVÉHO SYSTÉMU PRO ELEKTROMOBIL TITAN.....	39
4.1 ELEKTROMOBIL TITAN	39
4.2 VOLBA SNÍMACÍCH KAMER.....	39
4.2.1 KAMERY BASLER.....	39
4.2.2 OBJEKTIV BASLER	40
4.2.3 ZORNÉ POLE KAMERY BASLER.....	40
4.2.4 CHLAZENÍ KAMERY BASLER.....	42
4.3 NÁVRH KAMEROVÝCH POUZDER	43
4.3.1 VARIANTA A.....	44
4.3.2 VARIANTA B	45
4.3.3 VARIANTA C	46

4.3.4	VARIANTA D.....	47
4.4	ROZPRACOVÁNÍ A VÝVOJ ZVOLENÉ VARIANTY	48
4.4.1	TISK FDM/FFF	48
4.4.2	NÁVRH VNITŘNÍ ČÁSTI KAMEROVÉHO POUZDRA	49
4.4.3	MONTÁŽ KAMEROVÉHO POUZDRA	50
4.4.4	UTĚSNĚNÍ KAMEROVÉHO POUZDRA.....	51
4.4.5	UCHYCENÍ KAMERY V POUZDŘE	51
4.4.6	PŘICHYCENÍ KAMEROVÉHO POUZDRA NA ZKUŠEBNÍ VOZIDLO	52
4.5	NÁVRH A IMPLEMENTACE ZOBRAZOVACÍCH DISPLEJŮ	54
4.5.1	VOLBA DISPLEJŮ	54
4.5.2	UMÍSTĚNÍ DISPLEJŮ NA ZKUŠEBNÍM VOZE.....	55
4.5.3	NAPÁJENÍ A ZAPOJENÍ SYSTÉMU	56
5	TESTOVÁNÍ A SROVNÁNÍ	57
5.1	SROVNÁNÍ HMOTNOSTI A PLOCH.....	57
5.2	SROVNÁNÍ ZORNÉHO POLE	58
5.3	TEST OBRAZU	60
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	69

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá nově vzniklým trendem, kdy se ve světě automobilů začínají klasická zpětná zrcátka automobilů nahrazovat snímacími kamerami. Současná auta jsou osazena velmi pokročilou elektronikou, která řidiči život nejenom ulehčuje, ale především se snaží o zvýšení jeho bezpečnosti i bezpečnosti všech ostatních. Tato inovace nepřímého výhledu z vozidla nejen razantně ovlivní celkový design moderních automobilů, ale přinese s sebou navíc širokou škálu nových funkcí s ohledem na komfort a bezpečnost.

Kamery stále více zastupují pozici hlavních smyslových orgánů každého automobilu. Systémy pro 360 stupňový přehled o dění kolem vozu se skládají hned z několika kamer, které jsou schopny současně skládat jednotlivé záběry a vytvářet tak pohled na vozidlo a jeho blízké okolí z ptáčích perspektivy. Kamery vpředu zpravidla rozlišují dopravní značky na vozovce, semaforey nebo jízdní pruhy. Zpětné a boční kamery sledují provoz během jízdy, takže mohou odhalit například vůz ve slepém úhlu.

Používat obyčejná zpětná zrcátka začíná působit jako přežitek. Tento nápad nahrazovat zpětná zrcátka sofistikovanějším kamerovým systémem už existuje v podvědomí od devadesátých let minulého století. Každý rok představují světové automobilky na honosných autosalónech svůj futuristický koncept či vizi, která se tváří, že se bez obyčejných zrcátek klidně obejde. Ale je pravdou, a všichni moc dobře vědí, že je to jen na oko, aby ta velká boční zrcátka nerušila čisté tvary designových studií. Nicméně snaha o implementaci zpětných kamer do produkčních aut zde je a v současné době slaví první úspěchy.

Je třeba vyhodnotit, zda přináší implementace kamer místo zpětných zrcátek relevantní benefity pro vývoj nového elektromobilu. Cílem této práce je navrhnout vhodné řešení a design pouzdra snímacích kamer, které se následně implementuje do úchytů zpětných zrcátek na zkušebním vozidle.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DEFINOVÁNÍ FUNKČNÍCH POŽADAVKŮ NA NÁVRH POUZDRA SNÍMACÍCH KAMER

Před započítím vývoje byly stanoveny tyto základní funkční požadavky, které by měly navržená pouzdra pro kamery splňovat:

- Odolnost vůči vnějším povětrnostním vlivům
- Odolnost proti silnému náporu tlaku vzduchu i při vyšších rychlostech
- Vyvarování se aerodynamickému hluku
- Zamezení vniknutí nečistot dovnitř pouzdra
- Ochrana vnitřní elektroniky
- Ochrana chodců
- Omezení hořlavosti
- Nepřekračovat celkovou šířku vozidla, při překročení možnost sklápění
- Prevence zamezení vzniku nečistot na povrchu snímací čočky

Jednou z hlavních výhod v nahrazování vnějších zpětných zrcátek snímacími kamerami je to, že umožňují zlepšit aerodynamiku vozidla (tj. snížení celkové přední plochy vozidla a aerodynamického odporu), což ve výsledku vede ke snížení spotřeby paliva a s tím i spojených lokálních emisí CO₂. Mezi další přednosti kamer nahrazující zpětné zrcátka lze uvést například:

- Nižší hmotnost a zástavbové rozměry
- Poskytnutí širšího zorného pole a především eliminace mrtvého úhlu
- Eliminace oslnění řidiče světelnými paprsky
- Snížení fyzické zátěže řidiče ergonomickým umístěním zobrazovacích displejů
- Možnost implementace široké škály asistenčních a bezpečnostních systémů
- Zlepšení přímého výhledu z vozidla
- Zvýšení komfortu v podobě snížení hluku proudícího vzduchu
- Dovoluje nové možnosti z hlediska tvaru a celkového designu
- Přizpůsobení obrazu jízdním podmínkám

Z praktického hlediska je však nutné zohlednit i možné nevýhody spojené s takovým typem nepřímého výhledu z vozidla:

- Výpadky signálu
- Náchylnost systému na nečistoty
- Nutnost napájení systému
- Vznik obrazových chyb nebo nežádoucí zkreslení obrazu
- Náchylnost celého systému na vysoké nebo nízké teploty
- Špatná čitelnost displeje, sytost zobrazovaných barev
- Časová prodleva přenosu signálu z kamer do displejů
- Odraz na povrchu displeje
- Aklimatizace řidiče na nový způsob snímání prostoru za vozidlem

Kamerami zachycený obraz by měl být zobrazován s co možná minimálním časovým zpožděním. Navíc, tak jako u klasických zrcátek, by i v tomto případě mělo platit pravidlo, že pohled na zobrazovací displeje by neměl překračovat hranici 2 sekund, aby byla zachována jistá míra bezpečnosti. Co se týče zobrazovaného obrazu, je nutné, aby rozlišení displejů bylo dostatečně vysoké a blížilo se stejné kvalitě obrazu, jakou jsme schopni získat u klasických zrcátek. Detailnímu srovnání a testování nahrazení zrcátek snímacími kamerami se věnuje kapitola 2.3.

Řešení v podobě nahrazování klasických zrcátek snímacím kamerovým systémem by nemělo být považováno jenom jako jakýsi luxusní doplněk vozů vyšších tříd. Svým charakterem a funkcemi by tento systém měl v budoucnu ovlivnit celou škálu oblastí automobilového průmyslu, ať už je to samotná oblast nepřímého výhledu z vozidla, nebo další oblasti jako je komfort a ohled na zvýšenou bezpečnost při provozu vozidla. A proto je v zájmu dnešního vývoje eliminovat současné největší nedostatky tohoto systému, které jsou především spojeny s tím, že se jedná o poněkud mladou technologii.

V případě StudentCar, se užití odvážných technologií od progresivních automobilů očekává a z toho ohledu bylo potřeba iniciovat vlastní vývoj. Pro vůz StudentCar Titan je plánovaný větší bateriový pack, než má současná konkurence v podobě Tesly model S, nebo Porsche Taycan. Z toho důvodu je vhodné dbát na snížení hmotnosti karoserie a všech jejích součástí. Tato práce by měla poskytnout vyvinutý hardware pro důkladné testování a zhodnocení takového systému na zkušebním polygonu.

2 PŘEDPISY O SCHVALOVÁNÍ SNÍMACÍCH KAMEROVÝCH SYSTÉMŮ

2.1 PŘEDPIS EHK OSN č. 46

Se zvýšeným zaměřením na snižování spotřeby paliva a emisí, které v posledních letech přinesly náročné cíle stanovené různými vládami po celém světě, byly v roce 2008 zahájeny práce na změnách a doplněních předpisů Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) o nepřímém výhledu, předpisu EHK č. 46, aby bylo možné zaměňovat hlavní vnější zpětná zrcátka kamerovými systémy. [1]

Počáteční série změn 02 předpisu EHK č. 46, publikovaná v roce 2005, už sice umožňovala montáž kamerových systémů vidění, takové systémy však směly nahrazovat pouze zrcátka přídatná, nikoli ta hlavní. [1]

Po několika počátečních jednáních v rámci pracovní skupiny EHK OSN odpovědné za nepřímý výhled z vozidla byla ustavena pracovní skupina pro obecná bezpečnostní ustanovení (GRSG), která vypracovala nezbytné požadavky a zkušební postupy pro kamerové systémy vidění, které by mohly být namontovány namísto hlavních zpětných zrcátek. V průběhu roku 2009 se tato neformální skupina setkala čtyřikrát, ale jejich práce byla pozastavena do doby, než bude vyvinut nový standard ISO pro kamerové systémy založený na kamerách, na které lze v nařízení odkazovat. V roce 2013, kdy se vývoj příslušné normy ISO (ISO 16505: 2015) blížil ke konci, byla neformální skupina znovu aktivována a mezi únorem 2014 a březnem 2015 se setkali 8krát. [1]

Požadavky vypracované neformální skupinou se týkaly jak samotných kamerových systémů (tj. kamer a displejů použitých k zobrazení obrazu), tak jejich instalace na vozidla. Požadavky na systém kamerového vidění pokrývají aspekty, jako je kvalita obrazu, požadované zvětšení obrazu a v neposlední řadě požadavky na instalaci umožňující namontovat kamerové systémy na všechny příslušné místa vozidla, zahrnující vnitřní zrcátko, obě hlavní vnější zrcátka a širokoúhlá zrcátka. [1]

Změny předpisu EHK č. 46, které vypracovala neformální skupina, byly zveřejněny jako dodatek 2 k sérii změn 04 předpisu EHK č. 46 dne 11. července 2016 s datem vstupu v platnost 18. června 2016. To znamená, že s okamžitou platností mohou výrobci kamerových systémů získat schválení pro své kamerové systémy a výrobci vozidel mohou získat schválení pro vozidla vybavená těmito kamerovými systémy. [1]

2.2 MEZINÁRODNÍ NORMA ISO 16505:2015

Účelem této mezinárodní normy je poskytnout minimální bezpečnostní, ergonomické a výkonnostní požadavky nebo zkušební metody pro kamerové snímací systémy, které by nahradily povinná vnitřní a vnější zpětná zrcátka u silničních vozidel. Zabývá se kamerovými snímacími systémy, které budou použity v silničních vozidlech tak, aby poskytly požadované informace o konkrétním zorném poli. [2]

Požadavky stanovené pro snímací kamerové systémy poskytující specifické zákonem předepsané zorné pole jsou založeny na vlastnostech konvenčních zrcadlových systémů poskytujících toto zorné pole. Zohledňují se obecné požadavky a zkušební metody týkající se základních aspektů kamerových systémů, např. provozní připravenost, zorné pole, zvětšení obrazu apod. Norma dále stanovuje požadavky a zkušební metody týkající se nezbytné velikosti a požadované rozlišení zobrazovaného obrazu. Veškeré požadavky jsou rovněž zohledněny na fyzických aspektech lidského operátora (např. zraková ostrost). Uvedené požadavky vycházejí z předpokladu, že použitý snímací systém poskytuje ideální mapování scény reálného světa. Aby vše co nejlépe odpovídalo realitě, poskytuje tato mezinárodní norma také požadavky a zkušební metody pro všechny relevantní parametry, které zhoršují toto ideální mapování okolí za vozidlem. [2]

Tato mezinárodní norma prohlašuje, že snímací kamerové systémy nahrazující zákonem předepsaná zrcátka je nutné považovat za bezpečnostní systémy, a proto je potřeba zohlednit příslušné bezpečnostní normy (např. ISO 26262). [2]

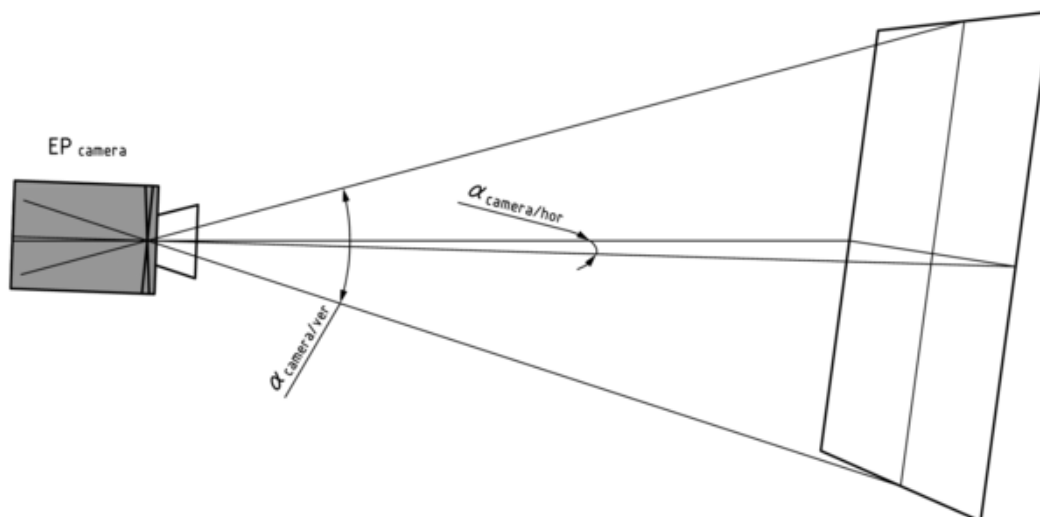
2.2.1 ZÁKLADNÍ TERMÍNY A DEFINICE

2.2.1.1 SNÍMACÍ KAMERA

Zařízení používané k zachycení barevných obrazů konkrétního zorného pole; je složeno ze dvou relevantních položek: zobrazovací jednotky a objektivu.

2.2.1.2 ZORNÉ POLE KAMERY

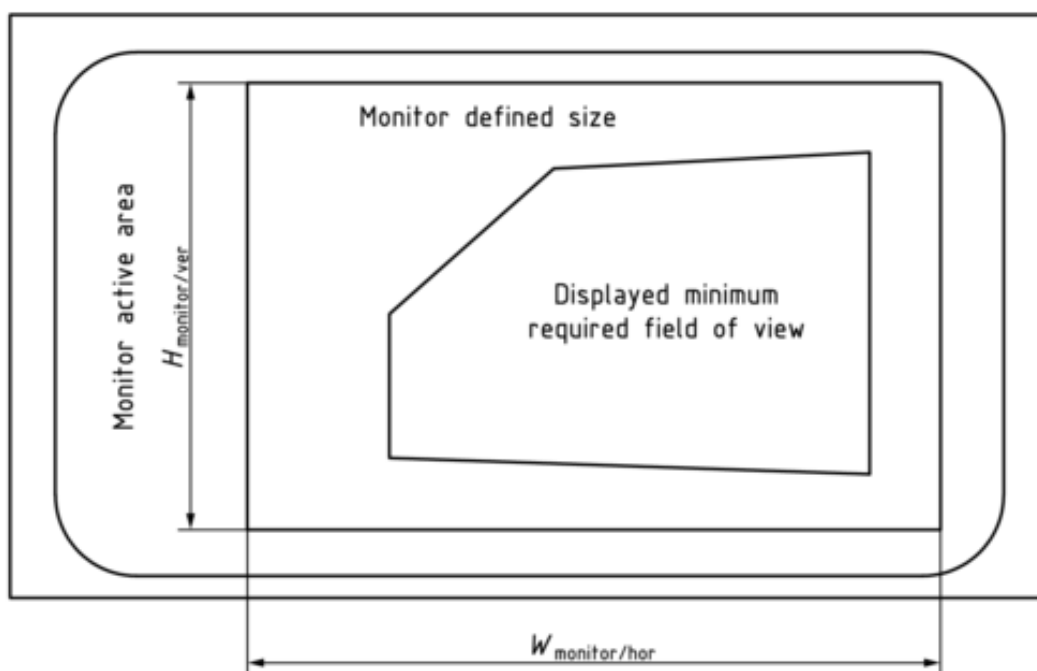
Prostor definovaný všemi paprsky světla (čáry od středu vstupní čočky kamery k objektovým bodům), které se promítají na zobrazovač (Viz. Obr. 1).



Obrázek 1 Zorné pole snímací kamery, převzato [2]

2.2.1.3 ZOBRAZOVACÍ DISPLEJ

Zařízení pro zobrazování zachyceného obrazu. Velikost zobrazovacího displeje je definována a část aktivní oblasti displeje musí zobrazovat alespoň minimální požadované zorné pole (Viz. Obr. 2).

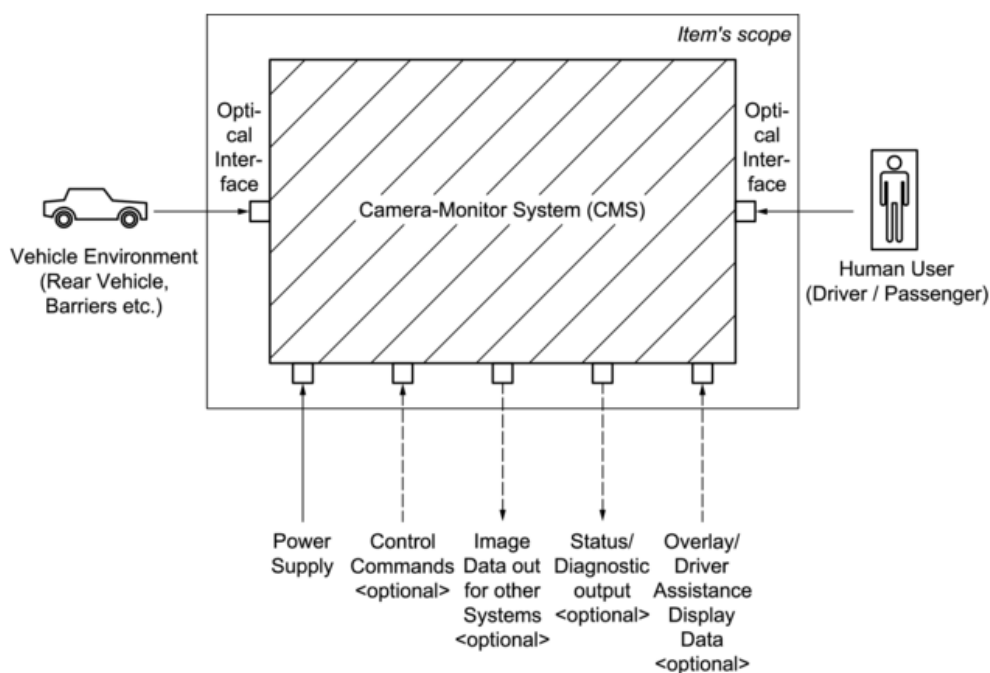


Obrázek 2 Definovaná velikost zobrazovacího displeje, převzato [2]

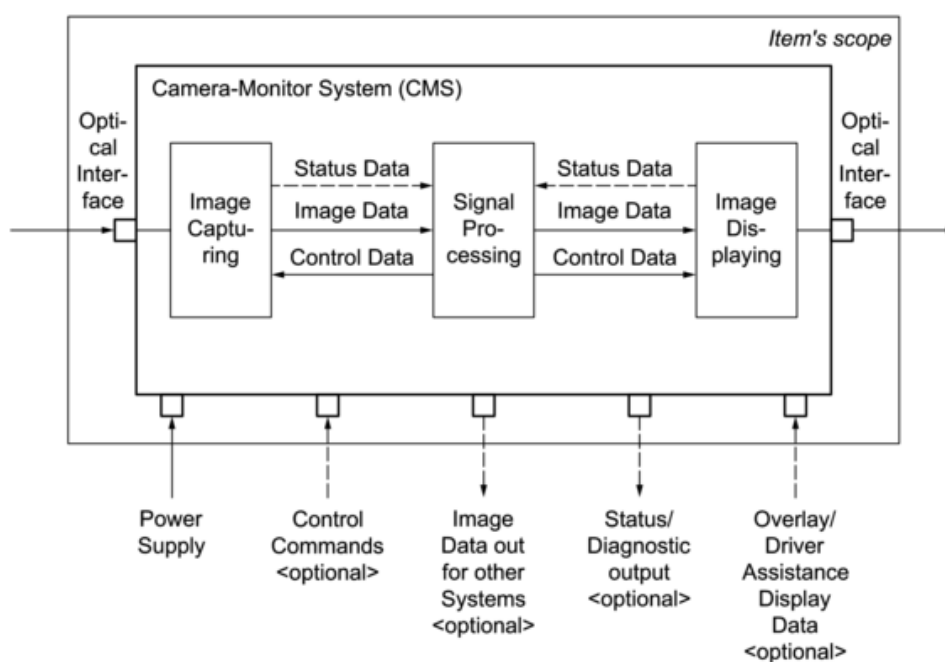
2.2.1.4 SNÍMACÍ KAMEROVÝ SYSTÉM

Jednotka používaná ve vozidlech, která řidiči vozidla poskytuje požadované informace o konkrétním zorném poli, nahrazující konvenční systém zrcátek pomocí elektronického zařízení pro snímání a zobrazování obrazu.

Norma dále naznačuje blokové schéma (Viz. Obr. 3) a funkční strukturu celého systému (Viz. Obr. 4).



Obrázek 3 Blokové schéma snímacího systému, převzato [2]



Obrázek 4 Funkční struktura snímacího systému, převzato [2]

2.3 VÝZKUMNÝ PROTOKOL MINISTERSTVA DOPRAVY A DIGITÁLNÍ INFRASTRUKTURY (BMVI)

Jelikož jsou vnější zpětná zrcátka bezpečnostně důležitými částmi vozidla pro zajištění nepřímého výhledu řidiče (požadavky stanovené v předpisu OSN EHK č. 46), bylo nutné opakovaně odpovídat na otázku, zda snímací kamerové systémy mohou poskytnout rovnocennou náhradu za konvenční zrcátka.

Federální výzkumný institut (BAST) byl proto pověřen Federálním ministerstvem dopravy a digitální infrastruktury (BMVI), aby provedl odpovídající šetření, při nichž jsou srovnány snímací kamerové systémy a konvenční zpětná zrcátka. Předmětem studie bylo na jedné straně zkoumání technických aspektů systému a na druhé straně řešení otázek, týkajících se interakce člověka s takovým snímacím systémem. Touto interakcí se rozumí například rozdíl v tom, že u řešení se snímacími kamerami řidič není schopen změnit nepřímý výhled pohybem hlavy, jak je to možné u klasických zrcátek. Další příklad lze uvést skutečnost, na kterou upozorňuje předpis Aliance výrobců automobilů (AAM, 2003), kdy nesmí být pohled na zrcátka/zobrazovací displeje delší než 2 sekundy pro zachování jisté míry bezpečnosti. [3]

V roce 2015 byl výzkumným institutem (BAST) vydán protokol zabývající se srovnáním klasických zpětných zrcátek se systémem snímacích kamer. Následující tabulka stručně porovnává některé z významných charakteristik obou řešení. [3]

Tabulka 1 Srovnání konvenčních zrcátek a snímacích kamer, převzato [3]

Konvenční zpětné zrcátko	Snímací systém
Poskytované rozlišení zrcátek je vyšší než rozlišení lidského oka.	Rozlišení je omezené a závisí na kvalitě použitých komponent.
Změny zrcadlového obrazu se projeví v reálný čas bez časové prodlevy.	Změny kamerového obrazu jsou zobrazeny s minimálním časovým zpožděním.
Viditelnost může být ovlivněna nečistotami, kondenzací, poškrábáním, prasklinami nebo kapkami deště. Kromě toho může být sledování externě namontovaných zrcátek ovlivněno nečistotami na bočním okně.	Obraz může být ovlivněn nečistotami, kondenzací, poškrábáním nebo dešťovými kapkami na čočce kamery. Avšak odpadá nevýhoda znečištěného bočního skla, díky obrazu zobrazovaného displeji uvnitř kabiny.
Zrcátko je ihned připraveno ke své funkci za všech okolností.	Snímací systém vyžaduje čas na spuštění.

Možnost vzniku škrábanců, prasklin, rozbitého skla nebo nečistot.	Snímací systém může selhat v podobě výpadků napájení nebo kvůli elektromagnetickým interferencím.
Zrcátka lze nastavit tak, aby se přizpůsobila potřebám uživatele. Zorné pole lze změnit mírným pohybem hlavy. Konvexní zakřivené zrcadlo poskytuje divákovi zmenšený virtuální obraz objektu.	Kamera zaznamenává konstruktivně určené zorné pole, které se zobrazuje na displeji. Pohyb hlavy toto zobrazené zorné pole nijak nezmění. Může však existovat určité uživatelské nastavení kamer.
Zrcátka zobrazují jas objektu podle stupně jeho odrazu. Jas objektu, který je závislý na stupni odrazu, je vnímán okem, avšak snížený propustností bočního okna.	Maximální jas displejů je omezen. Okolní světlo může snížit kontrast jasu a sytost barev na displeji.
Světlo v zrcátku, např. sluneční nebo světlo od jiných vozidel může vést k fyziologickému oslnění řidiče.	Přímé světlo na kameru může mít za následek chyby obrazu. Tyto chyby silně závisí na kvalitě kamery, zejména na objektivu. Také přímé světlo na zobrazovací displej může mít za následek snížení kontrastu jasu a sytosti barev obrazu. Taktéž, zejména v noci, se obraz displeje může odrážet v oknech a narušovat přímý vnější výhled.
Zrcátka zobrazují barvy velmi dobře.	Barevný rozsah snímacího systému je omezený.

Z výsledků rozsáhlého testování federálním institutem (BASt) těchto 2 odlišných systému vzešla řada pozitivních i negativních závěrů a doporučení popisované ve finálním dokumentu. Obecně se ukázalo, že snímací kamerové systémy, které splňují specifická kritéria kvality, jsou schopny adekvátně zobrazit nepřímý pohled za vozidlem, a to jak u osobních, tak nákladních vozidel. V závislosti na designu, lze dokonce získat více informací o dění za vozidlem pomocí snímacího systému. Obě řešení nicméně vykazují zásadní rozdíly. Například informace o hloubce nebo prostorový dojem z obrazu jsou v zrcátkách vždy přítomny. V případě snímacího systému toho nelze dosáhnout kvůli dvojrozměrnému zobrazení. Kromě toho lze zorné pole v zrcátkách mírně měnit pohyby hlavy, což není u systému kamerového snímání možné. [3]

Obecně je snímací kamerový systém odolnější vůči nečistotám nebo dešťovým kapkám více než zrcátko, protože kamera je malá a navíc je displej instalován v interiéru. S ohledem na aerodynamiku je menší velikost a s tím spojená zástavba celého kamerového systému také přínosná. Mráz, chlad a elektromagnetické rušení však mohou vést k problémům se snímacím systémem. Systém nefunguje bez napájení, zatímco zrcátka jsou vždy připravena k použití. Při přímém vystavení slunečnímu záření je kamerový systém výhodnější, protože lépe eliminuje oslnění řidiče. Kromě toho, je zde možnost zesílení nebo zeslabení kontrastů

v závislosti na okolním jasů, což má za následek zvýšený komfort a bezpečnost, zejména pak při snížené viditelnosti, například při jízdě za tmy. V závislosti na umístění v kabině však může na displeji docházet k nežádoucím odleskům. Systém je také v určitých situacích náchylný na výskyt obrazových chyb, jako jsou například rozmazaná místa, které mohou nejasně zobrazovat skutečné podmínky za vozidlem. [3]

Zkušební jízdy ukázaly, že přechod z konvenčních zrcátek na snímací systém nemusí nutně vést k bezpečnostně kritickým situacím, jak si společnost myslela. Celý systém ovšem vyžaduje určitou dobu aklimatizace řidiče. Čas potřebný k přizpůsobení se dle testování prokázal být poměrně krátký. Pokud jde o odhady rychlosti a vzdálenosti, bylo zjištěno, že tyto úkony jsou prováděny mnohem konzervativněji v případě verze se snímacími kamerami než u verze se zrcátky. Ve srovnání s klasickými zrcátky, zobrazoval displej obraz mnohem jasněji. Také couvací manévry bylo s pomocí snímacího systému provedeno snadněji než v případě verze s vnějšími zrcátky. Vzdálené objekty bylo však obtížnější odhadnout kvůli nedostatku informací o hloubce obrazu. Při manévrování jsou zvláště důležité informace o přesném umístění zadní části vozidla. Zde by byl žádoucí další detailní pohled na zadní část vozidla jak pro zrcátka, tak i snímací kamerový systém. [3]

Pokud jde o polohy zobrazovacích displejů, některé subjekty uvedly, že informace o levé straně by měly být vždy zobrazeny na levé straně. Totéž platí pro pravou stranu. Subjekty uvedly, že informace o zobrazení nemusí být nutně zobrazeny v blízkosti A-sloupku, ale mohou být zobrazeny blíže k volantu. To by bylo zejména pozitivní pro řidiče nákladních vozidel, protože by se snížil počet pohybů hlavy řidiče a podrobnosti obrazů zobrazovaných na displejích by byly lépe rozpoznatelné. Jako bonus, dojde i ke zlepšení přímého výhledu z vozidla eliminací rozměrných vnějších zrcátek. Subjekty také považovaly za důležité, aby rozlišení displejů bylo dostatečně vysoké a blížilo se stejné kvalitě obrazu, jako u klasických zrcátek. [3]

Tento průzkum ukázal střední úroveň přijetí tohoto systému řidiči, které se nezměnilo ani při delším používání. Lze tedy předpokládat, že průměrná očekávání účastníků silničního provozu na použití kamerových systémů místo konvenčních zrcátek byla během testování naplněna. [3]

2.4 VÝZKUMNÝ PROTOKOL NÁRODNÍ SPRÁVY BEZPEČNOSTI SILNIČNÍHO PROVOZU (NHTSA)

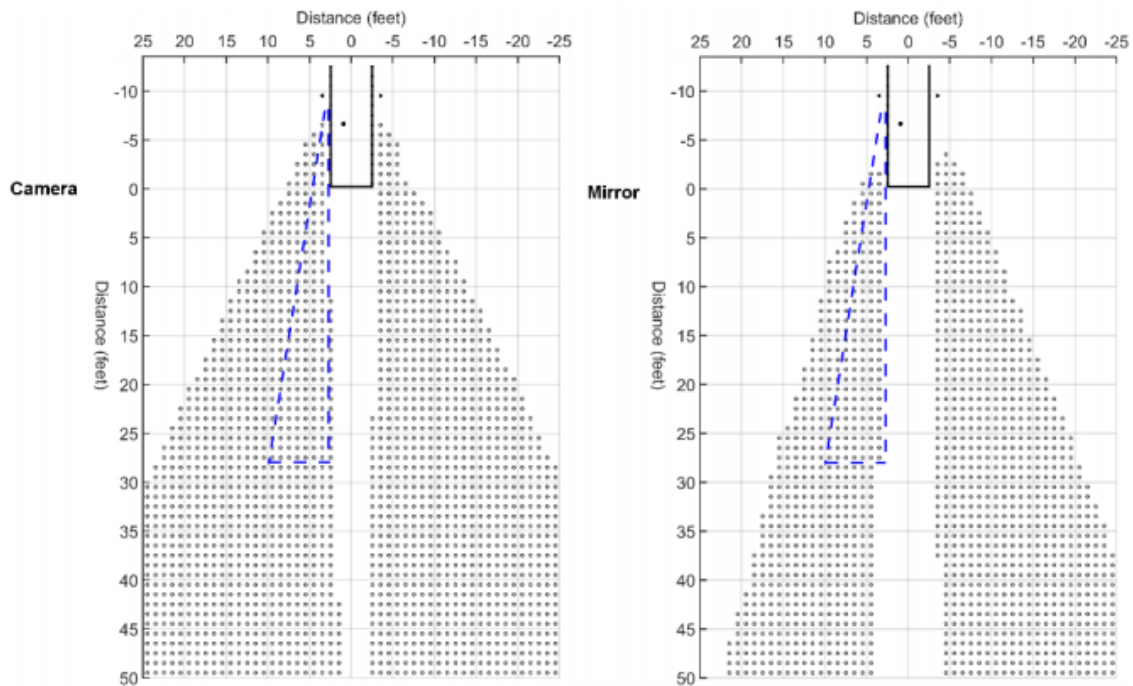
Jinak tomu je ve Spojených státech, kde se nahrazování konvenčních zpětných zrcátek kamerovými systémy stále nedočkalo své legalizace. Na žádost a přes vyvíjecí tlak tamních výrobců běžných a užitkových vozidel byla Národní správa bezpečnosti silničního provozu (NHTSA) v roce 2014 požádána o úpravu Federální normy pro bezpečnost motorových vozidel (FMVSS) č. 111 tak, aby umožňovala použití jiných technologií než klasických zrcátek ke splnění požadavků na viditelnost. FMVSS č. 111 obsahuje specifické požadavky na vybavení vozidel vnitřními a vnějšími zpětnými zrcátky pro zlepšení viditelnosti. [4]

V říjnu 2018 vydala NHTSA výzkumnou studii prototypového kamerového monitorovacího systému pro záměnu vnějšího zrcátka u běžného vozidla, která měla podpořit rozhodnutí o tom, zda pokračovat v takové regulační úpravě, která povolí jiným technologiím než zrcátkům vyhovět FMVSS č. 111. Byly shromážděny potřebné informace, vzaty v úvahu související problémy a očekávané pozitivní i negativní dopady těchto úprav. Mezi hlavní problémy, které musely být zohledněny, si výzkum stanovil zorné pole, stávající průmyslové standardy ISO 16505:2015, kvalitu zobrazovaného obrazu, pozice zobrazovacích displejů, aklimatizaci řidiče na změnu polohy těchto zobrazovacích zařízení a v neposlední řadě pak životnost a spolehlivost jednotlivých komponent systému. Shromáždily se informace o provozu systému v suchých, deštivých podmínkách a podmínkách při denním a nočním provozu. Zkouška byla zaměřena na kvalitu viditelnosti zajišťovanou systémem a jejím srovnáním s tradičními vnějšími zrcátky za podobných podmínek. Zkouška se řídila jak příslušnými částmi stávajících FMVSS č. 111, tak současnými evropskými normami pro kamerové monitorovací systémy vozidel. [4]

Výzkumný prototyp musel splňovat veškeré požadavky a postupy stanovené Mezinárodní organizací pro normalizaci (ISO) v normě pro kamerové technologie používané na vozidlech ISO 16505:2015. Pokud by byly tyto požadavky posouzeny jako dostatečně důkladné se zvýšeným záměrem na bezpečnost, bylo by možné je harmonizovat i do FMVSS č. 111. Takového rozhodnutí však nelze učinit bez předchozího testování technologií snímacích kamer a displejů k posouzení souvisejících specifikací. [4]

2.4.1 ZORNÉ POLE - SROVNÁNÍ

Z výzkumných dat testu zorného pole zkušebního prototypu NHTSA (Viz. Obr. 5) lze vypožorovat, že zorné pole snímacích kamer pokrývá oblast, která je znatelně širší (vlevo) než u verze s klasickými zpětnými zrcátky (vpravo). [4]



Obrázek 5 Srovnání zorného pole, převzato [4]

2.4.2 KVALITA OBRAZU - SROVNÁNÍ

V testovacích postupech ISO 16505 se používá šachovnicový graf, který pomáhá kvantifikovat faktory zahrnující kvalitu obrazu a jeho zvětšení. Byly pořízeny fotografie displejů (vlevo) a zpětných zrcátek (vpravo) v testovacím prostoru za normální i snížené viditelnosti (Viz. Obr. 6). [4]



Obrázek 6 Srovnání kvality obrazu, převzato [4]

I přes rozsáhlé testování a výzkumy, NHTSA stále nerozhodla o budoucnosti snímacích kamer nahrazujících zpětná zrcátka u vozidel prodávaných v USA. Úřad si pevně stojí za tím, že schopnost řidiče jasně vidět oblast kolem svého vozidla za všech podmínek je zásadní pro bezpečnou jízdu a neuznává žádné úlevy ani tamním výrobcům automobilů, kteří musí tuto technologii na svých modelech testovat v zámoří. K úplnému vyhodnocení přínosů těchto systémů je dle NHTSA zapotřebí dalších informací týkajících se technických aspektů kamerových systémů s ohledem na bezpečnost, jakož i informací o lidských faktorech při aplikaci takových systémů ve vozidlech. Tento výzkum identifikoval několik potenciálních bezpečnostně relevantních otázek, mezer v informacích o lidských faktorech a podrobností zkušebních postupů, na které je třeba odpovědět, než bude možné navrhnout vhodné výkonnostní požadavky. Dle NHTSA je potřeba zajistit, aby snímací kamerové systémy poskytovaly veřejnosti alespoň stejnou úroveň bezpečnosti jako dnešní konvenční zrcátka ve Spojených státech. [4]

3 REŠERŠE SOUČASNÉHO POUŽITÍ SNÍMACÍCH KAMEROVÝCH SYSTÉMU V AUTOMOBILECH

Nahrazování klasických zpětných zrcátek snímacími kamerovými systémy má sice v automobilovém průmyslu poměrně krátkou historii, tento trend však rychle nabírá na rychlosti a řada výrobců už dokázala přijít s velmi dobře propracovanými systémy v praktickém použití, ať už jako pevnou součást vybavení nově vyráběných sériových modelů, nebo jen v rámci příplatkové komfortní výbavy. Moderní aplikace už ovládly poměrně široké spektrum vozidel, od běžných městských automobilů, přes sportovní vozy až po ty užitkové.

Jedním z hlavních důvodů použití snímacích kamer je vylepšení aerodynamických vlastností celého vozu. Zbavit se velkých čnicích zrcátek zhoršujících proudění vzduchu kolem karoserie přineslo s sebou jak funkční, tak ekonomické výhody. Lepší aerodynamika totiž znamená nižší součinitel odporu vzduchu a tím i lepší spotřebu, na kterou se u dnešních aut a zejména elektromobilů, pro jejich vyšší dojezd, klade velký důraz.

Další výhody spočívají v zabudování nespočet moderních funkcí, které mohou být u zpětných snímacích kamer použity. Jedná se o funkce jako přizpůsobení obrazu neustále se měnícím jízdním podmínkám, např. režimy pro jízdu za tmy, doplňky v podobě ukazatelů při couvání nebo změně jízdních pruhů, implementace asistenčních systémů pro zvýšení bezpečnosti, apod.

V této části bude rozebráno, jak si doposud s touto technologií poradily dnešní automobilky, do jakých modelů se pokusily s touto technologií prosadit a jakým směrem se pravděpodobně bude tato technologie ubírat v budoucnu.

3.1 VOLKSWAGEN XL1

Jako prvního průkopníka se považuje malosériově vyráběný Volkswagen XL1 z roku 2015. S hybridním pohonem a propracovanou aerodynamikou, které přispěla právě ona absence klasických zrcátek, dokázal jezdit s průměrnou spotřebou pod magický 1 litr na 100 km. Jeho součinitel odporu vzduchu (C_x) je 0,189, v porovnání s typickými vozidly jejichž hodnoty se pohybují okolo 0,30 - 0,40. [5]



Obrázek 7 Volkswagen XL1, převzato [6]

Na voze je od pohledu vidět přísně účelový design do tvaru kapky. Všechno je tedy podřízeno co nejlepší aerodynamice. S celkovým počtem 250 vyrobených vozidel je tento vůz spíš sběratelský kousek a ukázka schopností Volkswagenu. [5]



Obrázek 8 Snímací kamera VW XL1, převzato [6]

Kromě vertikálního otevírání dveří, též známé pod názvem LSD (Lambo Style Doors) [7], zaujmou na dveřích drobné výstupky snímacích kamer zabudované společně s postranním blinkrem (Viz. Obr. 8). Poloha snímacích kamer je podstatně níž, než jak jsme zvyklí u běžných zpětných zrcátek a z kabiny nejsou viditelná. Snímací kamery vytváří širokoúhlý, realistický obraz dozadu, který se přenáší na obrazovky ve výplni dveří (Viz. Obr. 9). [5]



Obrázek 9 Zobrazovací displej VW XL1, převzato [6]

3.2 LEXUS ES

V roce 2018 poprvé představil Lexus svůj luxusní hybridní sedan Lexus ES 300h, jako jedno z prvních velkosériově vyráběných vozidel využívající technologii digitálních vnějších zpětných zrcátek. Jak je to u Lexusu zvykem, jde o vysoce vyspělou technologii, kde v systému jsou zahrnuty funkce jako vylepšené zobrazování oblasti za vozidlem a podél něj za všech jízdních podmínek. Snímací kamery zcela eliminují slepý úhel výhledu řidiče a automaticky se přizpůsobují tak, aby zprostředkovávaly rozšířené zobrazení v situacích jako je například zatáčení nebo couvání s vozidlem. [8]



Obrázek 10 Lexus ES, převzato [8]

Design digitálních zrcátek nejenom zapadá do celkového vzhledu tohoto elegantního vozidla, ale zároveň splňuje svůj aerodynamický účel. Díky svým tvarům, použitým křivkám a menším rozměrům ve srovnání s klasickými vnějšími zrcátky se podařilo snížit aerodynamický hluk a zároveň zajistit řidiči lepší výhled šikmo vpřed. [8]



Obrázek 11 Digitální zpětné zrcátko Lexus ES, převzato [8]

Lexus, jakožto luxusní odvětví koncernu Toyota, zaměřil svou pozornost hlavně na ergonomické řešení celého systému, který si dává za cíl co možná nejvíce omezit námahu řidiče a vytvořit celkové pohodlí z jízdy. Řidič má větší přehled nad situací kolem vozidla, při současném menším natáčení hlavy do stran. To všechno díky dvěma 5“ displejům

umístěných na předních sloupcích ve stejné výšce jako klasická vnější zpětná zrcátka, aby je každý řidič bez problému našel tak, jak je zvyklý při užívání klasických zrcátek (Viz. Obr. 12). [8]



Obrázek 12 Zobrazovací displej Lexus ES, převzato [8]

Na celém systému je patrné, jak moc si Lexus s touto technologií dal záležet a s digitálními zpětnými zrcátky to bere opravdu vážně. Při implementaci digitálních zpětných zrcátek se inženýrům podařilo eliminovat největší nevýhody použití tohoto systému a tak ještě více vyzdvihnout jeho klady.

Například vestavěné vyhřívání kamerových jednotek zamezuje zamrznání nebo nežádoucímu zamlžování zrcátek při jízdě v dešti nebo zimních podmínkách. Luminiscenční detektor, který automaticky potlačuje oslnování od světlometů následujících vozidel, je nedílnou součástí pro bezpečnou funkci tohoto systému v noci. Při zatáčení, tj. použití směrových světel, nebo couvání se digitální zpětná zrcátka automaticky přepnou do režimu rozšířeného zobrazování oblasti podél vozidla a za ním, čímž eliminují slepý úhel výhledu v rámci bezpečnějšího manévrování. Podobně jako klasická zrcátka si řidič má možnost přizpůsobit některé funkce systému pomocí ovládacích prvků jako klasická vnější zrcátka. Navíc si lze přizpůsobit chování zobrazovacích displejů, zobrazované prvky v podobě upozorňujících ikon, jas displeje, apod. V neposlední řadě odladěný systém zobrazování referenčních vodících čar napomáhá řidiči s přesným nasměrováním vozidla při parkování, ale i během jízdy, kdy je neustále připraven upozornit řidiče na bezpečný odstup od ostatních vozidel. [8]

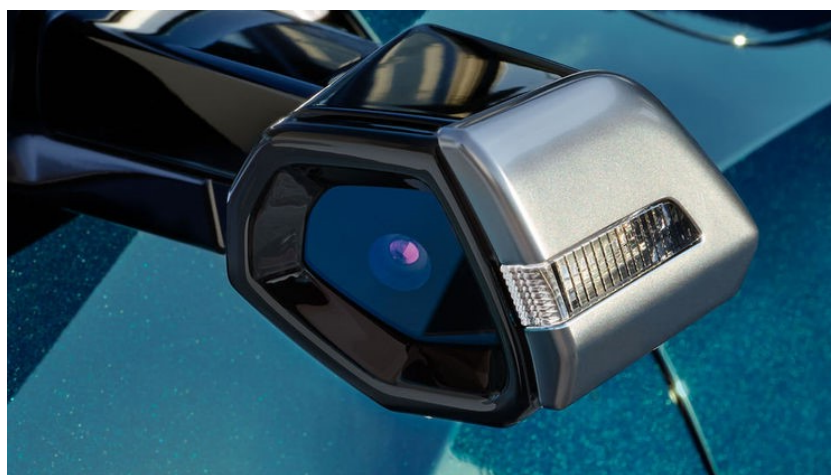
3.3 AUDI E-TRON

Hned několik týdnů po představení japonského Lexusu ES ukázalo Audi veřejnosti svůj první sériově vyráběný elektrický model e-tron disponující virtuálními zpětnými zrcátky. Díky skutečnosti, jak jsou si tyto modely blízké svým rokem výroby, můžeme už od pohledu hodnotit a pozorovat určité similarity jak v designu, tak ve smyslu jejich funkcí.



Obrázek 13 Audi e-tron 2019, převzato [9]

Řešení virtuálních zrcátek perfektně zapadá do celkového designu vozidla. Ploché stopky osazené hexagonálním zakončením (Viz. Obr. 14), ve kterých jsou integrovány snímací kamery, působí agresivním dojmem, ale zároveň si zachovávají charakter luxusního SUV. Podařilo se snížit aerodynamický odpor (C_x) na hodnotu 0,27 a tak se crossover Audi e-tron vyrovnává některým sportovním vozům. V neposlední řadě také dojde k navýšení celkového dojezdu elektromobilu. Použitím virtuálních zpětných zrcátek se podařilo zkrátit celkovou šířku vozu až o 15 centimetrů oproti řešení s použitím klasických zpětných zrcátek. [10]



Obrázek 14 Virtuální zpětné zrcátko Audi e-tron, převzato [9]

Pro zobrazení obrazu zachyceného snímacími kamerami slouží dva OLED displeje s rozlišením 1200 x 800 pixelů a uhlopříčce 7“, umístěné mezi palubní deskou a dveřmi. Nastavení rozsahu obrazu snímacích kamer je realizováno přiblížením prstu k povrchu displeje a použitím jednotlivých symbolů, a to pro obě virtuální zrcátka najednou (Viz. Obr. 15). [10]



Obrázek 15 Zobrazovací displej Audi e-tron, převzato [9]

Displeje se automaticky přizpůsobují třem jízdním režimům. Režim jízdy na dálnici se aktivuje při překročení rychlosti 90km/h se současnou informací z navigace, že se vozidlo pohybuje po dálnici. Zorné pole je zúženo tak, aby řidič mohl lépe předpovídat co se děje v okolí při takto rychlé jízdě - ostatní vozy kolem se v displejích potom jeví jako větší. Pokud systém rozpozná, že řidič hodlá s vozidlem měnit směr jízdy nebo se přesunout do jiného jízdního pruhu, dojde potom k rozšíření zobrazovaného pole na příslušné straně. Toto řešení zcela eliminuje slepý úhel výhledu řidiče. V neposlední řadě, pokud řidič zařadí zpátečku, obraz se automaticky rozšíří směrem dolů k vozovce. [10]

3.4 HONDA E

S nástupem elektromobility ukázala Honda v roce 2020 svůj plně elektrizovaný sériově vyráběný model Honda e vycházející z konceptu Urban EV Concept. Design vozidla je směřovaný do příjemného retro stylu, ale zároveň, vůz naplno využívá všech moderních technologií. Honda e nenabízí klasická zpětná zrcátka ani v základní výbavě, místo nich okolí snímají kamery, což je ve třídě běžnějších a menších vozů zatím rarita. [11]



Obrázek 16 Honda e, převzato [12]

Pro co nejvyšší efektivitu elektromobilu spojenou s nízkými hodnotami odporu vzduchu jsou pouzdra zpětných snímacích kamer co možná nejmenších rozměrů. Kompaktní kamery snižují aerodynamický odpor až o 90% oproti konvenčním zpětným zrcátkům. Dosažením těchto hodnot dochází ke zvýšení celkové účinnosti o 4% a s tím spojeným vyšším dojezdem elektromobilu. Jako další bonus, hluk větru, který se obvykle objevuje kolem zpětných zrcátek, je snížen, což zlepšuje vlastnosti jako celkové pohodlí z jízdy díky tiššímu prostředí v interiéru. Pouzdra kamerové jednotky jsou záměrně tvarována tak, aby nedocházelo k hromadění dešťových kapek nebo jiných nečistot na čočce snímací kamery (Viz. Obr. 17). Povrch čočky je dále opatřen vodoodpudivým povlakem, aby se zabránilo dalšímu usazování zbytkové vody. Zrcátka dále umí nastavit jas světla vyzařující ostatními vozidly do snímacích kamer na jemnější stupeň a eliminovat tak situace, kdy by mohlo dojít k nežádoucímu oslnění a omezení viditelnosti dozadu za vozidlo. [11]



Obrázek 17 Snímací kamera Honda e, převzato [12]

Po celé délce palubní desky se táhne digitalizovaný pruh s obrazovkami. Z pětice displejů jsou to právě ty dva displeje po každé straně (Viz. Obr. 18), které slouží k vyobrazení obrazu zachyceného snímacími kamerami v postranních dveřích vozidla Honda e. Řidič má možnost si skrz přednastavené možnosti vybrat ze dvou zobrazovacích režimů. První z nich jako režim normálního vyobrazení a druhý, tzv. režim rozšířeného výhledu. Zorné pole se dokáže rozšířit dále než u běžných bočních zrcátek, což ve výsledku znamená, že slepé úhly jsou sníženy přibližně o 10% v normálním pohledu a přibližně 50% v širokém pohledu. Při parkování a couvacích manévrech, digitální zrcátka mohou také zobrazit vodítka v podobě pomyslných čar na displejích zpětných kamer. [11]



Obrázek 18 Digitální palubová deska Honda e, převzato [12]

3.5 MERCEDES-BENZ ACTROS

Nový Mercedes-Benz Actros je první sériově vyráběný tahač na světě disponující systémem, prezentující se pod názvem MirrorCam. Namísto obvyklých zpětných zrcátek, celý systém pracuje s digitálními kamerami a přídavnými displeji uvnitř kabiny. Za hlavní cíl si značka v tomto segmentu stanovuje nejen zvýšení efektivnosti svých nákladních vozidel, ale také zvýšený důraz na bezpečnost při provozu těchto vozidel na všech typech komunikací. Oproti předešlé verzi modelu Actros, se celková účinnost vozu zvýšila o výrazných 5%. [13]



Obrázek 19 Mercedes-Benz Actros, převzato [14]

Dvojice kamer, umístěných na elegantních ramenech, ohnutých v kolmém směru, skutečně upoutávají pozornost. Pro nečekané případy, kdy by měly kamery přijít do styku s vnějším tělesem, řekněme například s větví od stromu, je uchycení kamer provedeno s výkyvným kloubem (Viz. Obr. 20). V tomto případě nedojde k poškození kamer, ale jen k jejich sklopení. Kromě zvýšené bezpečnosti a ovladatelnosti vozidla, nahrazení klasických zpětných zrcátek systémem MirrorCam snižuje spotřebu paliva, protože kompaktní snímací kamery přinášejí značné aerodynamické výhody. [13]



Obrázek 20 Snímací kamera M-B Actros, převzato [14]

Obraz zachycený snímacími kamerami je převáděn do dvou individuálních displejů o rozlišení 720 x 1920 pixelů, které jsou umístěné na A-sloupcích v kabině tahače (Viz. Obr. 21). Vedlejším efektem zvyšujícím bezpečnost, je ničím nerušený výhled pod úhlem kolem sloupků A, čímž zvyšuje zorné pole řidiče - prostor zde nezaujímá klasické zpětné zrcátko. Kromě toho, někdy řidiči jezdí se zrcátky, která nejsou správně nastavená, takže může vznikat tzv. mrtvý úhel a lze tak přehlédnout chodce nebo cyklisty. Při použití MirrorCam již problém s nesprávně nastavenými zrcátky nemůže nastat, protože kamery automaticky zaujmou správnou polohu a displej vždy zobrazuje stejný, úplný obraz z každé perspektivy. [13]



Obrázek 21 Umístění zobrazovacích displejů M-B Actros, převzato [14]

MirrorCam pomáhá řidiči v nespočtu různých situacích, které při provozu na silnicích vznikají a mění se každou vteřinou. Například v zatáčkách se obraz z kamery natáčí tak, aby řidič vždy viděl konec přívěsu. Speciální širokoúhlý režim pomáhá řidiči při manévrování nebo couvání. V novém Actrosu, inovovaný bezpečnostní systém Sideguard Assist používá

k vizuálnímu varování řidiče displej MirrorCam, když systém detekuje pohybující se nebo stojící objekt v monitorované zóně na straně spolujezdce. Systém tak může včas varovat řidiče na pohybující se cyklisty nebo chodce, které mohl přehlédnout. MirrorCam a Sideguard Assist pracují ruku v ruce, tím je zabráněno přetížení řidiče informacemi a hlavní výhodou je signalizace všech příslušných varování na jednom místě. [13]

3.6 KOENIGSEGG GEMERA

Asi nejbližší bude mít k elektromobilu Titan při tomto návrhu nový model švédské prémiové značky Koenigsegg Gemera, který je firmou popisován jako Mega-GT. Stojí za tím především ta skutečnost, že ve svých útrobách nabízí čtveřici sedadel a zároveň naplno využívá technologii zpětných snímacích kamer použitou v tomto segmentu supersportů.



Obrázek 22 Koenigsegg Gemera, převzato [15]

Jak už to v Koenigsegg bývá zvykem, základem každého designu je jeho funkčnost. Vnější design Gemera je svinutý kolem vnitřních „orgánů“ vozu. Tělo má mnoho účelů, většina z nich se týká účinnosti - aerodynamiky a chlazení hnacího ústrojí. K samotnému designu vnějších snímacích kamer lze říct, že se jedná o skutečně impozantní řešení. Vystupující křídélko s válcovým zakončením zapadá do povahy tohoto vcelku prostorného supersportu, aniž by narušovalo požadované proporce nebo funkčnost designu (Viz. Obr. 23). [16]



Obrázek 23 Snímací kamera Koenigsegg Gemera, převzato [15]

Interiér vozu Gemera je mnohem sportovnější než interiér jakéhokoliv sportovně laděného luxusního vozidla. Ojedinělost celé myšlenky zabránila tomu, aby toto auto vypadalo jako konvenční čtyřmístný luxusní vůz. Gemera je především čistokrevný Mega-GT, první svého druhu. Kvalita a zpracování interiéru bude těžko hledat sobě rovnou konkurenci. Vzhled interiéru působí sebevědomě, aniž by musel projevovat známky agrese. [16]

Informace ze snímacích kamer jsou přenášeny na dva rohové displeje v interiéru umístěné tam, kde se obvykle nacházejí zpětná zrcátka (Viz. Obr. 24). Celý systém snímání okolí za vozidlem si jde ruku v ruce se systémem autonomního řízení stupně 2 (ADAS) a kamerou ptačí perspektivy, umístěné uprostřed palubové desky vozu Gemera. [16]



Obrázek 24 Interiér Koenigsegg Gemera, převzato [15]

3.7 VALEO SIGHTSTREAM

Společnost Valeo je předním dodavatelem moderních součástek pro automobilový průmysl a jedním z úzkých partnerů samotných výrobců automobilů po celém světě. Přes dvě třetiny veškerých náhradních autodílů od společnosti Valeo je dodáváno i do prvovýbavy pro výrobce aut jako je Mercedes-Benz, Audi, BMW, Volkswagen, a mnoho dalších. Jako vyspělá technologická společnost, se v dnešní době zaměřuje na návrh a inovaci při řešení problémů spojených s inteligentní mobilitou a se zvláštním zaměřením na autonomní řízení v kombinaci s neustálou snahou o snižování emisí CO₂. Mezi tyto moderní systémy řadí společnost i právě systém Sightstream nahrazující klasická zpětná zrcátka propracovaným kamerovým systémem. [17]



Obrázek 25 Valeo Sightstream u vozu BMW i3, převzato [18]

Malé kamerové pouzdra namontované na dveřích snižují aerodynamický odpor o 5% a více ve srovnání se zrcátky konvenční velikosti (Viz. Obr. 26), to v praktickém použití znamená příznivé zlepšení spotřeby paliva až o 5%. Rovněž aerodynamické tvarování kamerových pouzder má za následek produkci mnohem menšího stupně hluku vzniklého proudícím vzduchem kolem. [18]



Obrázek 26 Snímací kamera Valeo Sightstream, převzato [17]

Druhou nedílnou částí celého systému Sightstream tvoří obrazovky umístěné na vnitřních A sloupcích, tj. zhruba tam, kde nyní řidiči kontrolují dění za vozidlem pomocí klasických zpětných zrcátek (Viz. Obr. 27). Tato skutečnost podporuje rychlé přizpůsobení se uživatele k jízdě s vozidlem vybaveného systémem zpětného snímání. Protože obrazovky jsou umístěny uvnitř automobilu, nedochází navíc k situacím, kdy by kapky dopadajícího deště a sníh snižovaly viditelnost. To samé platí i v případě zamlžení oken. Displej lze také upravit tak, aby omezoval oslnění světlomety v noci. Kamery mají zorné pole 60 stupňů, tedy mnohem širší než u zrcátek s rozmezím 12-15 stupňů. Ve finále však obrazovky nezobrazují celé zorné pole kamer, ale obraz přizpůsobují tak, aby proporce obrazu byly obdobné jako u běžného zrcátka s přídavkem toho, že systém eliminuje veškerá slepá místa. Vzhledem k tomu, že kamery jsou digitální, lze je začlenit do bezpečnostních a asistenčních systémů, jako je detekce objektů, automatické parkování, asistent při otevírání dveří detekcí projíždějících vozidel, apod. [18]



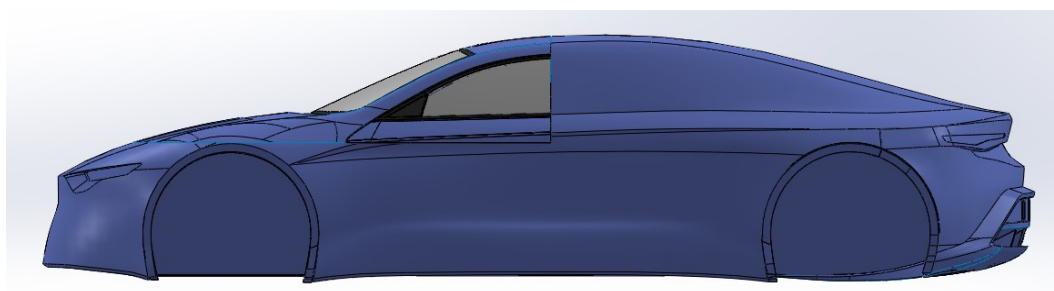
Obrázek 27 Palubní deska se systémem Valeo Sightstream, převzato [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH SNÍMACÍHO KAMEROVÉHO SYSTÉMU PRO ELEKTROMOBIL TITAN

4.1 ELEKTROMOBIL TITAN

Elektromobil Titan je v současnosti nově vyvíjeným projektem Katedry materiálů a technologií pro automobily, na kterém se ve spolupráci se zkušenými pedagogy a technikami podílejí studenti bakalářského a magisterského studia tohoto zaměření, ať už v rámci celého školního roku nebo prostřednictvím závěrečných prací tohoto typu. Prioritní pro tento projekt je, aby svou výbavou zahrnul nejmodernější technologie používané v oblasti dnešního automobilového průmyslu a elektromobility. Mým úkolem je navrhnout a zrealizovat řešení nepřímého výhledu z vozidla pomocí snímacích kamer a zobrazovacích displejů, které budou splňovat všechny požadavky na design a odpovídající funkčnost.



Obrázek 28 Zjednodušený model elektromobilu Titan - předloha

Design lehce prozrazuje, že se bude jednat o 4místné sportovní kupé disponující 2 dveřmi pro pasažéry (Viz. Obr. 28). Je důležité, aby se následující návrh přibližoval celkovému designu elektromobilu.

4.2 VOLBA SNÍMACÍCH KAMER

4.2.1 KAMERY BASLER

Po důkladném prostudování trhu se strojními kamerami jsme se nakonec s vedoucím práce přiklonili k nabídce kamer od společnosti ATEsystem. Po nastínění naší situace a záměru použití takových kamer byly zkušeným technikem společnosti doporučeny kamery daA1920-160uc. Jedná se o kameru s rozlišením senzoru 1920 x 1200 px a snímkovou frekvencí až 160 Hz. Nejprve byly tyto kamery zapůjčeny na 14 dní pro následný vývoj a k přiblížení jejich vnějších rozměrů pro budoucí implementaci do pouzder. Později byly tyto kamery naceněny a zakoupeny pro účely této bakalářské práce.



Obrázek 29 Kamera Basler - daA1920-160uc, převzato [19]

4.2.2 OBJEKTIV BASLER

Jako kamerový objektiv byl zvolen objektiv s pevným ohniskem M118B0418IR. Ohnisková délka tohoto objektivu činí 4 mm, maximální úhlopříčka je 9 mm a minimální clonové číslo 1,8. [20]



Obrázek 30 Objektiv s pevným ohniskem Basler - M118B0418IR, převzato [20]

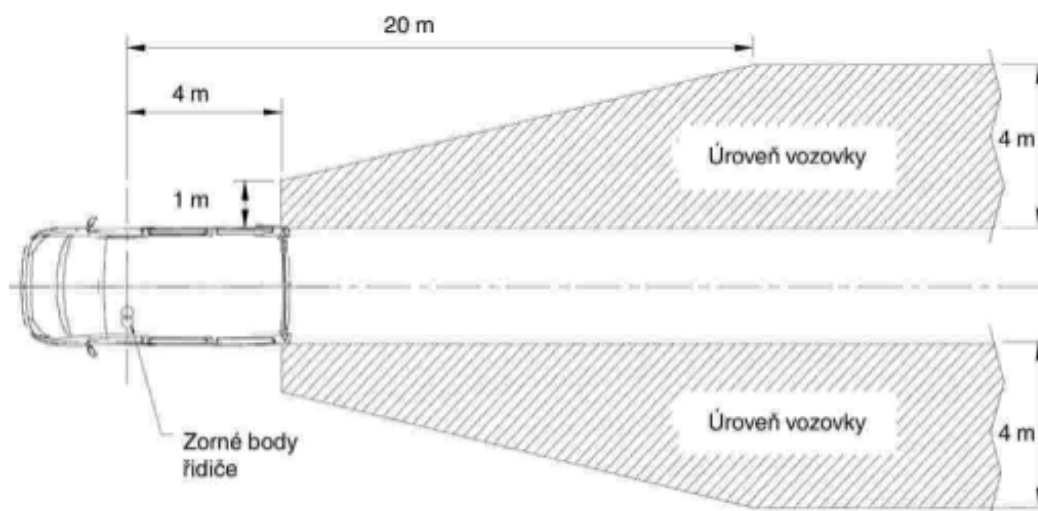


Obrázek 31 Kamerový systém Basler ve fyzické podobě

4.2.3 ZORNÉ POLE KAMERY BASLER

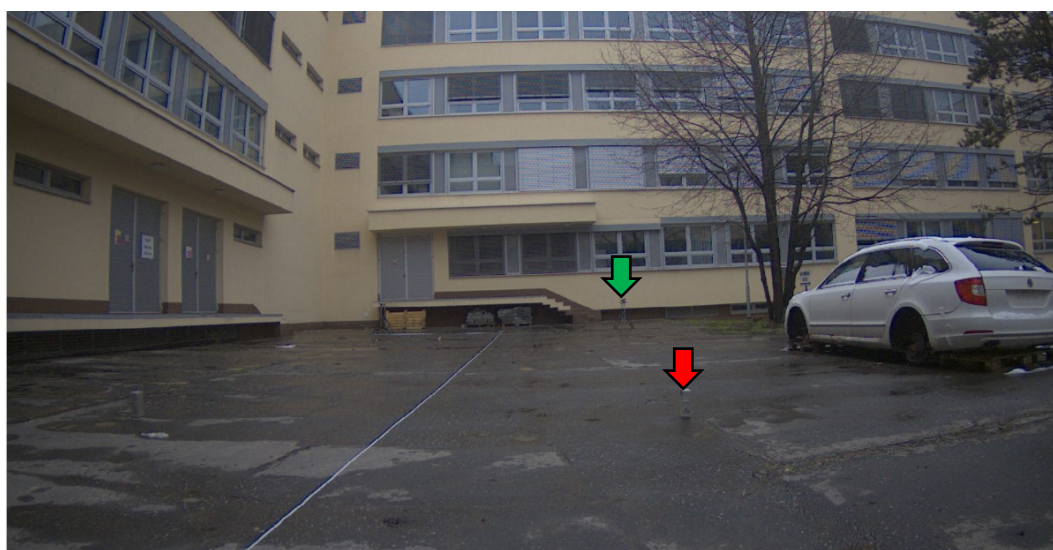
Dle předpisu EHK č. 46 je pro zrcátka třídy III požadováno, aby řidič viděl přinejmenším 4 m širokou rovinou a vodorovnou část vozovky, která je ohraničena rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem

vozidla na straně řidiče a která sahá od místa vzdáleného 20 m za zornými body řidiče k obzoru (Viz. Obr 32). Řidič musí dále vidět pás vozovky o šíři 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla a který začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče. [21]



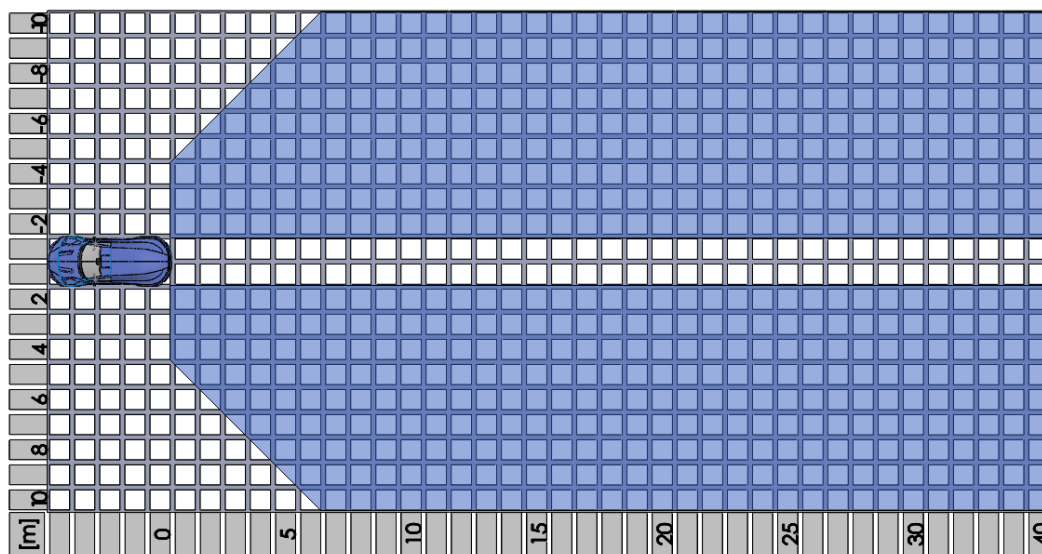
Obrázek 32 Pole výhledu zrcátek třídy III, převzato [21]

Pro předběžnou kontrolu, zda použitá kamera Basler daA1920-160uc splňuje požadavky na zorné pole stanovené normou EHK č. 46, byly ve venkovním areálu katedry předběžně odzkoušeny a změřeny zobrazovací úhly a požadované vzdálenosti (Viz. Obr. 33). Červeně znázorněný bod představuje pás vozovky o šíři 1 m, který začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče. Zelený bod pak udává 4 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která sahá od místa vzdáleného 20 m za zornými body řidiče k obzoru, tak jak požaduje daná norma EHK.



Obrázek 33 Test zorného pole kamerového systému Basler

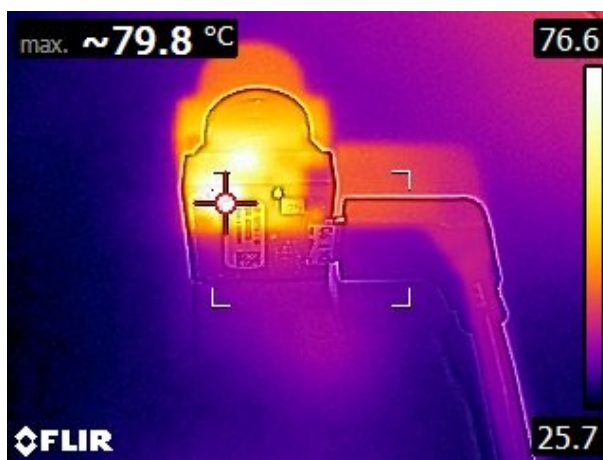
Zvolený kamerový systém, umístěný na místech klasických zrcátek třídy III, předpisem stanovené podmínky splňuje. V některých ohledech, jako je například mrtvý úhel, dokonce tyto požadavky se značnými rezervami překonává. Z naměřených hodnot bylo vykresleno teoretické zorné pole snímacího systému (Viz. Obr. 34). Skutečné zorné pole snímacího systému se bude měřit až po jeho kompletní implementaci na zkušební vozidlo v závěrečné části práce.



Obrázek 34 Teoretické znázornění zorného pole

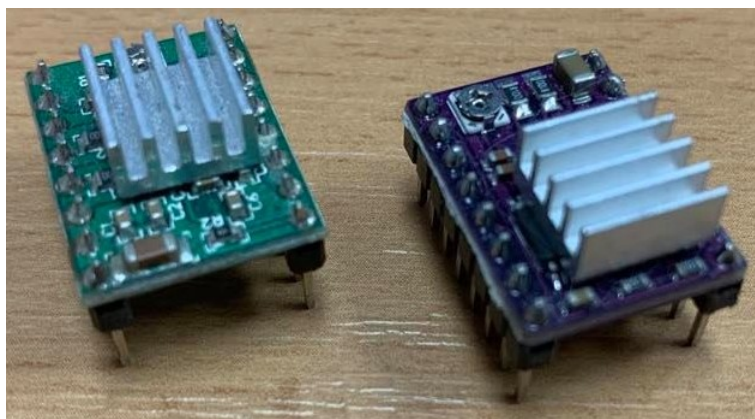
4.2.4 CHLAZENÍ KAMERY BASLER

Snímky z termokamery poukázaly na skutečnost, že se kamery Basler přehřívají víc, než udává výrobce ve svých specifikacích (max. provozní teplota 50 °C). Byla naměřena maximální teplota v oblasti okolo čipu necelých 80 °C (Viz. Obr. 35). [19]



Obrázek 35 Záznam z termokamery

Pokud se projeví nadměrné přehřívání systému i při provozu, kdy bude kamerové pouzdro vystaveno okolním podmínkám, bude nutno v budoucnu zohlednit použití pasivního chladiče tak, aby byl zajištěn dostatečný odvod tepla z nekritičtějších míst okolo čipu kamery.



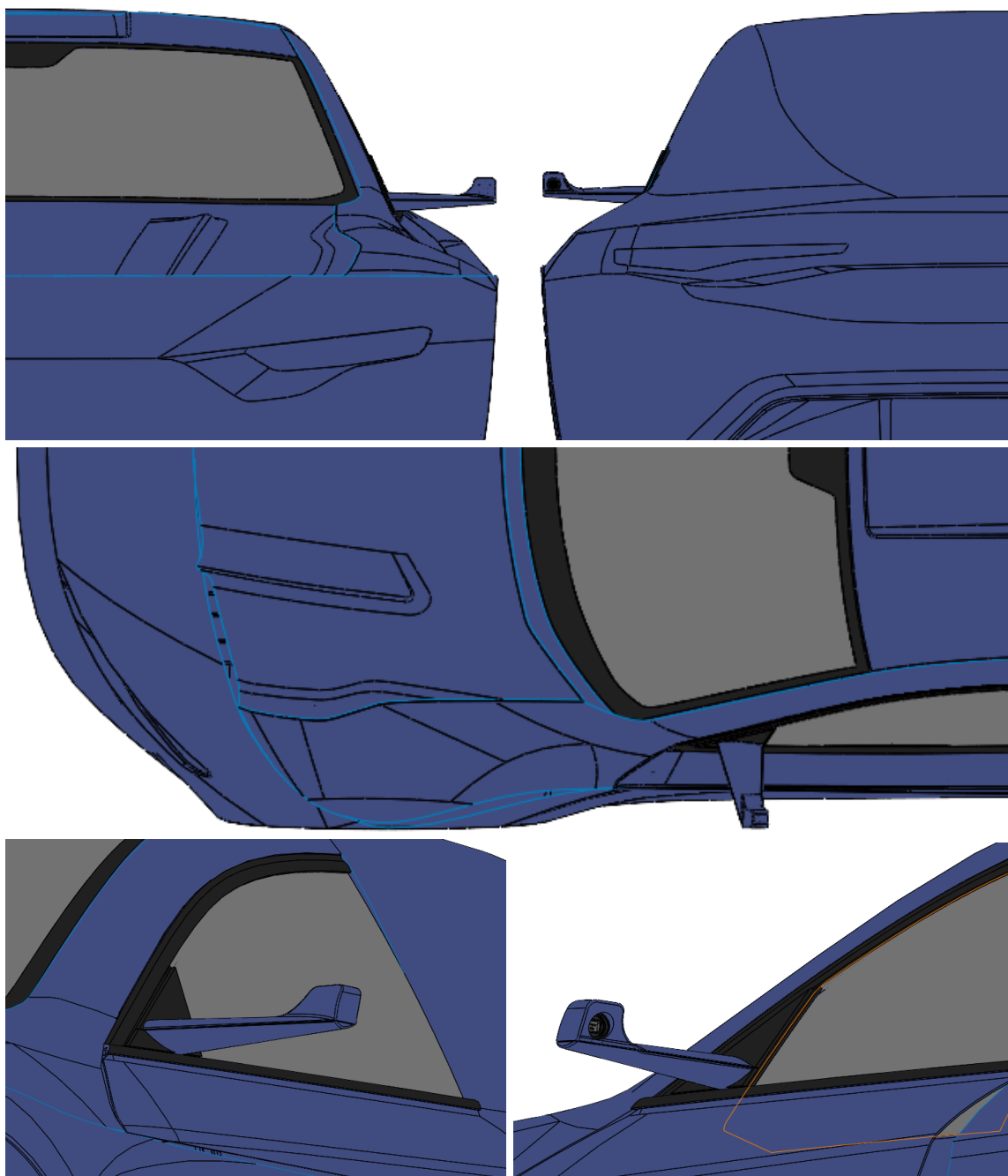
Obrázek 36 Příklad pasivního chladiče

4.3 NÁVRH KAMEROVÝCH POUZDER

V první řadě bylo nutné navrhnout design pouzder pro snímací kamery tak, aby zapadal do celkové povahy elektromobilu Titan. Z hlediska tvaru jsem se odkazoval na tvar křídla stíhacího letounu. Také mi bylo doporučeno nepřekračovat délkou pouzder celkovou šířku vozidla. Na základě těchto počátečních podmínek jsem v programu SolidWorks vytvořil 4 varianty kamerových pouzder, které jsem následně předložil vedoucímu práce coby hlavnímu designérovi katedry.

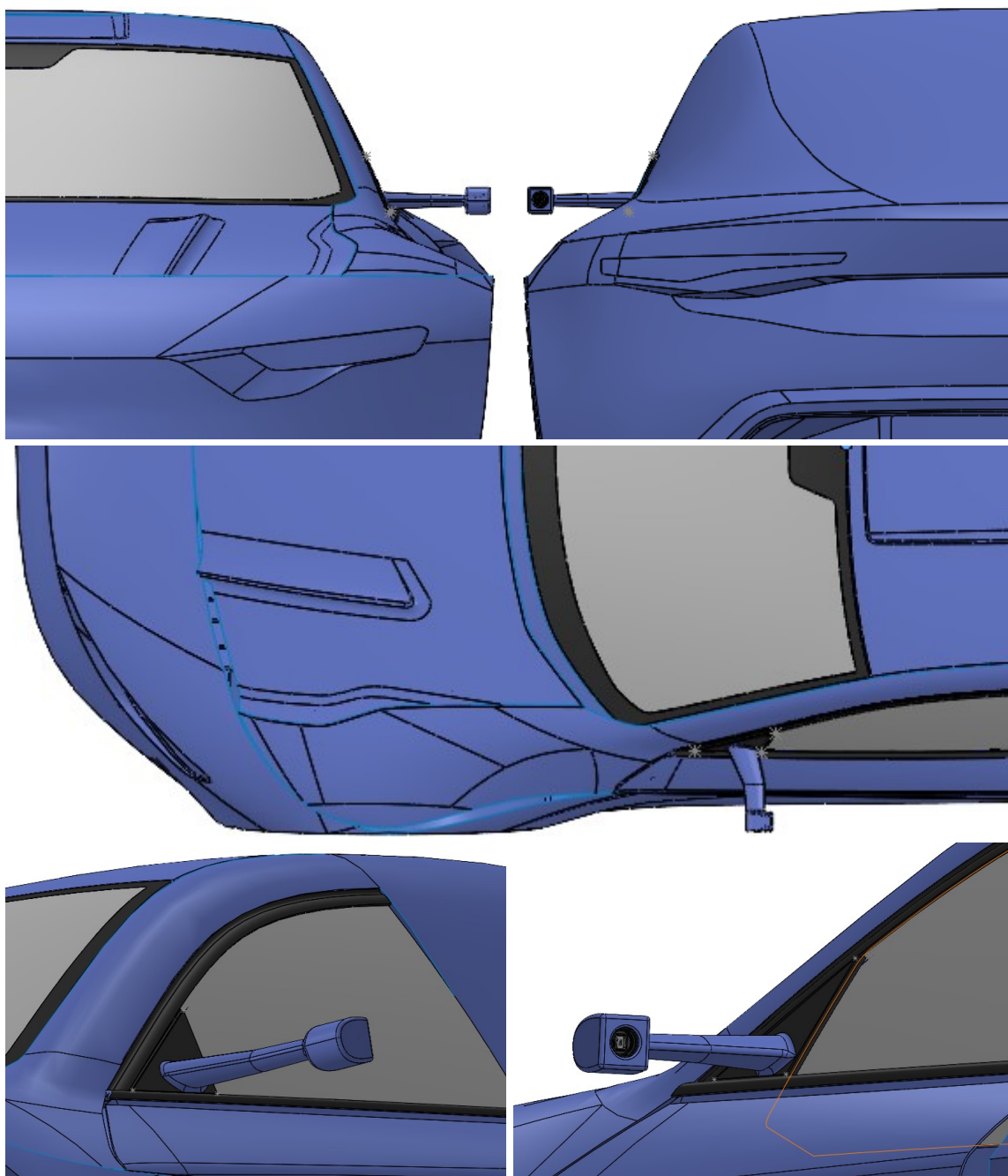
Tento návrh se nebude zabývat aerodynamickými vlastnostmi a chováním pouzdra vůči proudícímu vzduchu, ale cílem je, přiblížit tento inovativní systém snímání nepřímého výhledu z vozidla a odhalit potenciální nedostatky pro budoucí implementaci takového systému na elektromobil Titan. Očekává se však, že aerodynamické vlastnosti navrhovaného pouzdra předčí vlastnosti konvenčního způsobu.

4.3.1 VARIANTA A



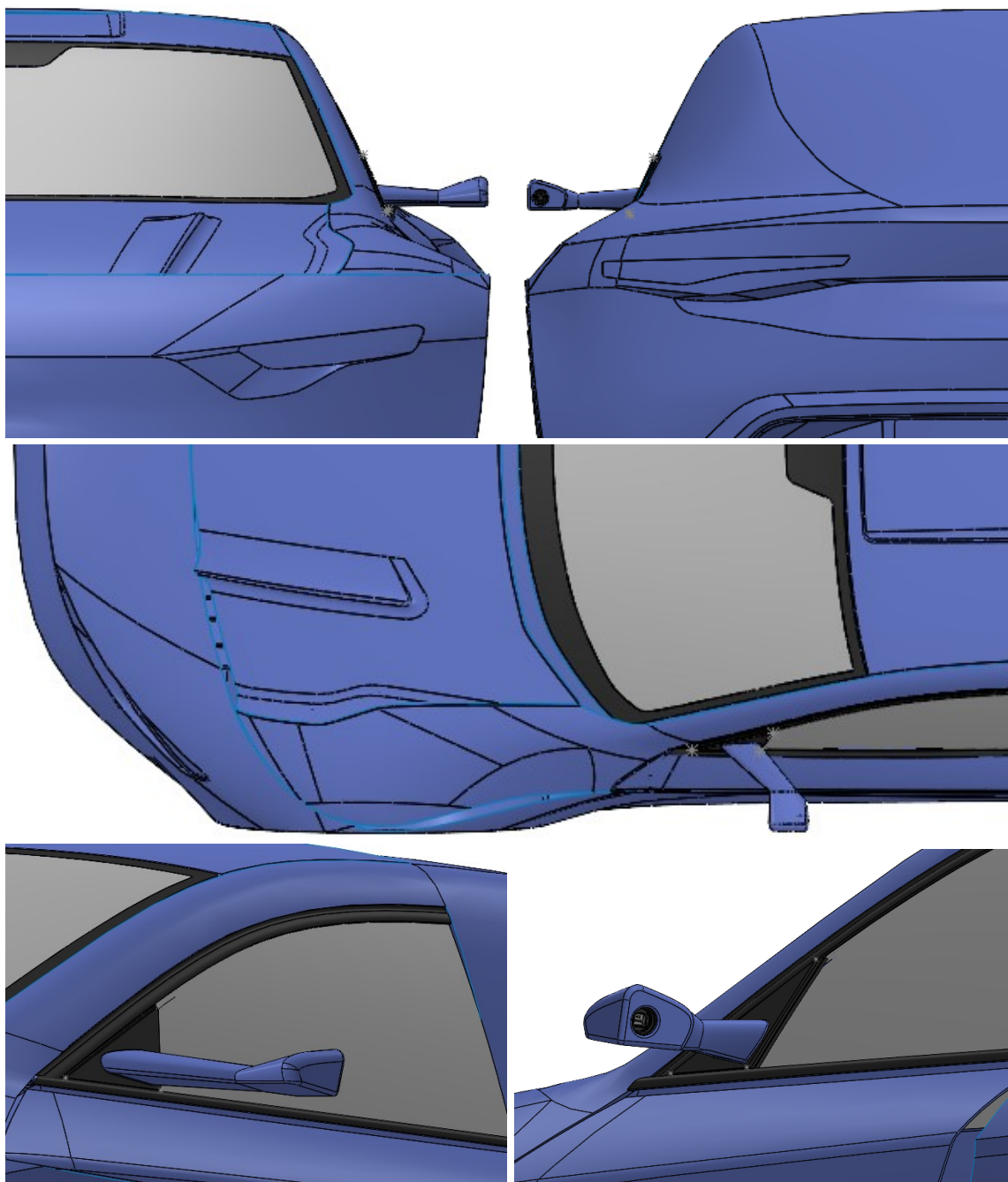
Obrázek 37 Varianta A - vnější design

4.3.2 VARIANTA B



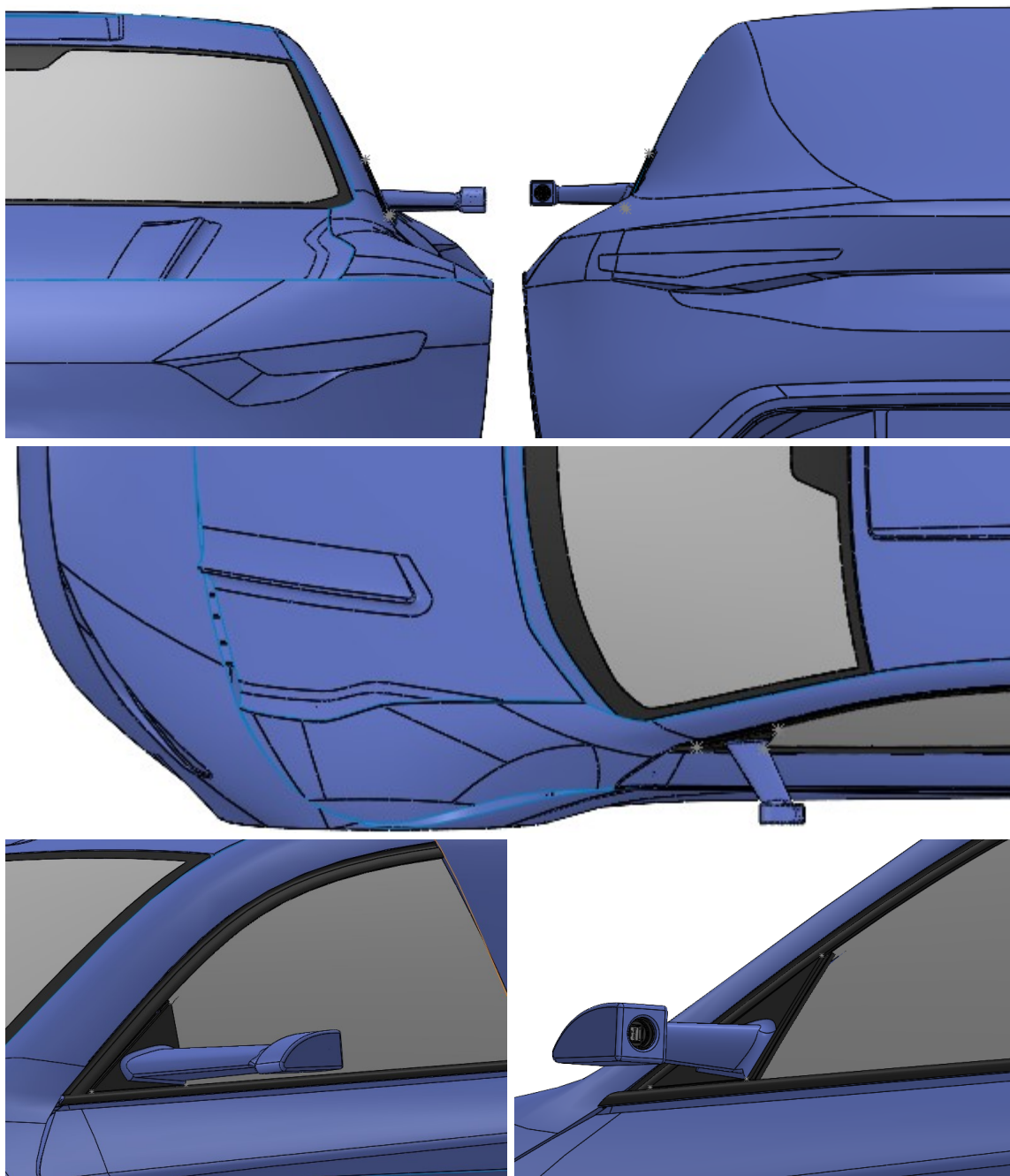
Obrázek 38 Varianta B - vnější design

4.3.3 VARIANTA C



Obrázek 39 Varianta C - vnější design

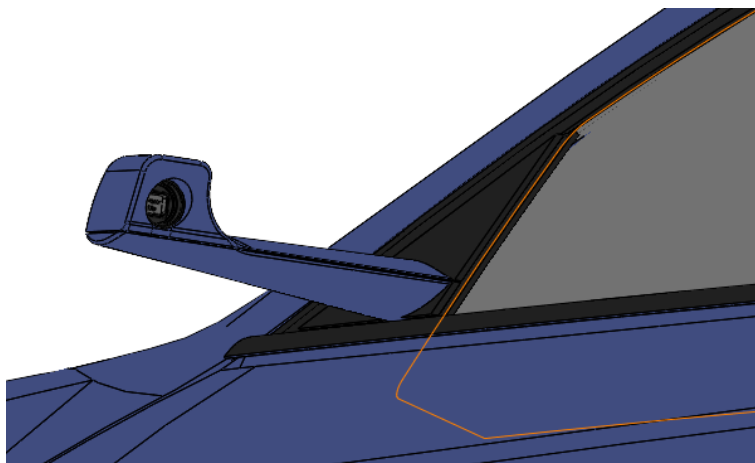
4.3.4 VARIANTA D



Obrázek 40 Varianta D - vnější design

4.4 ROZPRACOVÁNÍ A VÝVOJ ZVOLENÉ VARIANTY

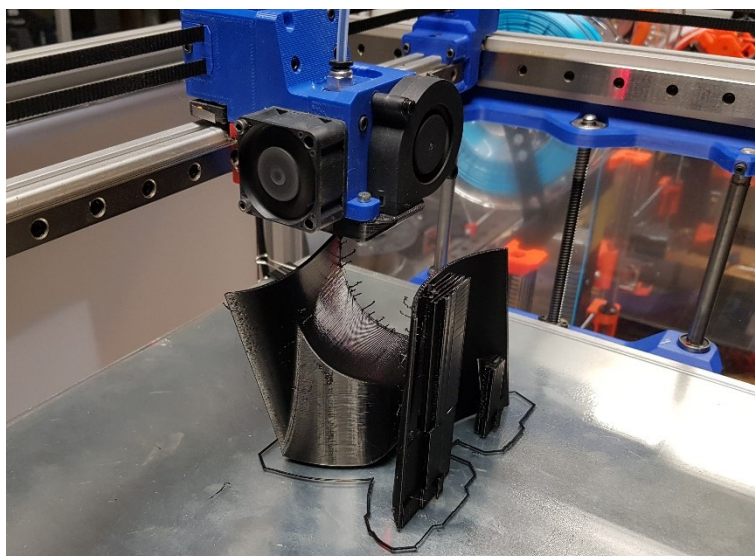
Po konzultaci s hlavním designerem katedry bylo doporučeno použít a dále rozpracovat variantu A (Viz. Obr. 41). Jelikož nebyla překročena šířka vozidla, přiklonilo se k nesklopné variantě pouzdra.



Obrázek 41 Pouzdro snímací kamery - varianta A

4.4.1 TISK FDM/FFF

V rámci postupného vývoje byl proveden první zkušební 3D tisk kamerového pouzdra, aby byly přiblíženy celkové vnější rozměry a charakteristický tvar. Tisk byl proveden metodou FDM/FFF na tiskárně v laboratoři katedry (Viz. Obr. 42). Vzhledem ke komplexnímu tvaru vnějších ploch pouzder, které zatím neobsahují žádné vnitřní vyztužení, bylo nutné dostatečně zpevnit model pomocí tiskových podpěr, aby nedošlo ke zhroucení součásti a negativním deformacím tvaru při tisku.



Obrázek 42 Zkušební tisk metodou FDM/FFF

Výsledek tisku poukázal na některé detaily, jako ostré hrany nebo příliš tenké stěny v některých částech pouzdra, které budou muset být v dalším vývoji odstraněny.

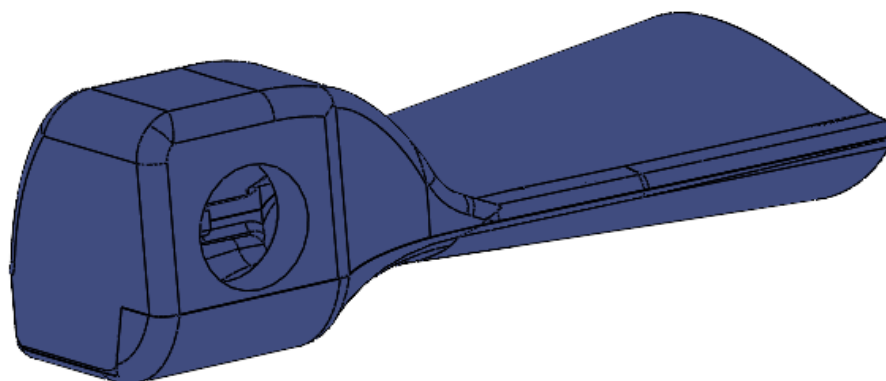


Obrázek 43 Prvotní 3D tisk kamerového pouzdra

4.4.2 NÁVRH VNITŘNÍ ČÁSTI KAMEROVÉHO POUZDRA

Bylo potřeba, aby si pouzdro zachovalo dostatečnou robustnost a odolávalo vysokému náporu větru i při vyšších rychlostech. Navíc musí být uvnitř pouzdra dostatek prostoru pro zapojení kamerky kabelem micro USB B 3.0 a jeho vyvedením do kabiny.

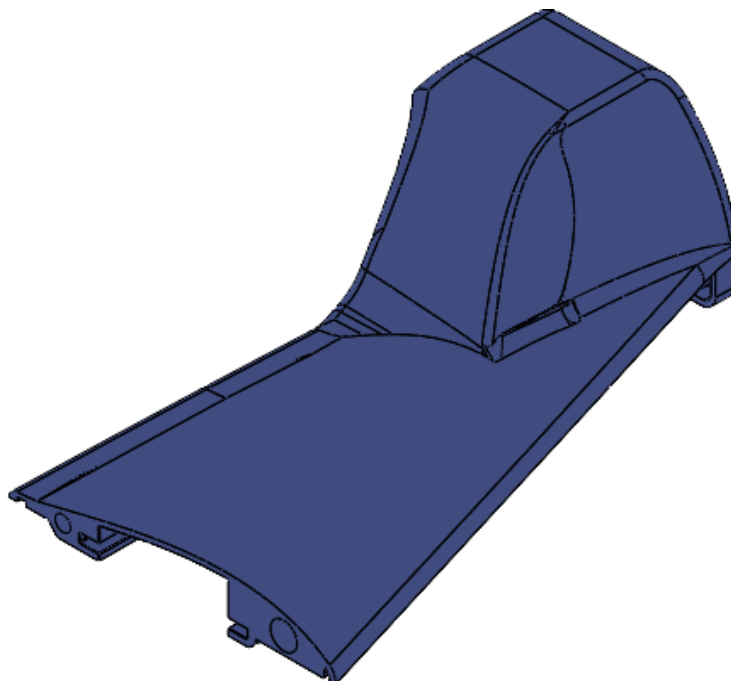
Ve výsledku byly po několika dalších 3D výtiscích vnější rozměry pouzdra zvětšeny a vnitřní prostor přizpůsoben tak, aby vyhovoval všem funkčním požadavkům. Vnější design pouzdra nejvíce ovlivnilo umístění konektoru micro USB B 3.0. Dle konstrukce kamerky musel být konektor zapojen v kamerce směrem do strany tak, aby zobrazovaný obraz odpovídal požadovanému širokoúhlému zobrazení.



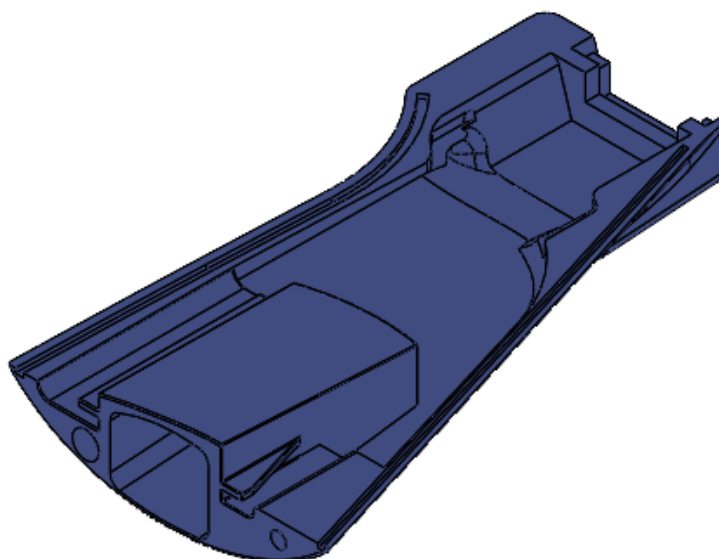
Obrázek 44 Finální verze kamerového pouzdra

4.4.3 MONTÁŽ KAMEROVÉHO POUZDRA

Pouzdro se skládá ze dvou polovin, jejichž spojení je z hlediska zachování čistého designu realizováno bez jakýchkoliv viditelných vnějších spojů. Příčné a podélné spojení dvou polovin bylo navrženo pomocí zámků uvnitř pouzdra s minimální vůlí a těsností. Z hlediska montáže bude po zapojení kamery a vyvedení kabelu spodní polovina pouzdra zasunuta do horní.



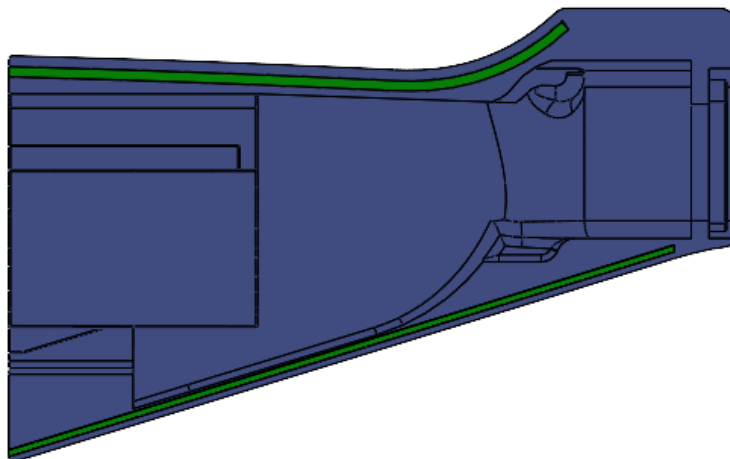
Obrázek 45 Horní polovina kamerového pouzdra



Obrázek 46 Spodní polovina kamerového pouzdra

4.4.4 UTĚSNĚNÍ KAMEROVÉHO POUZDRA

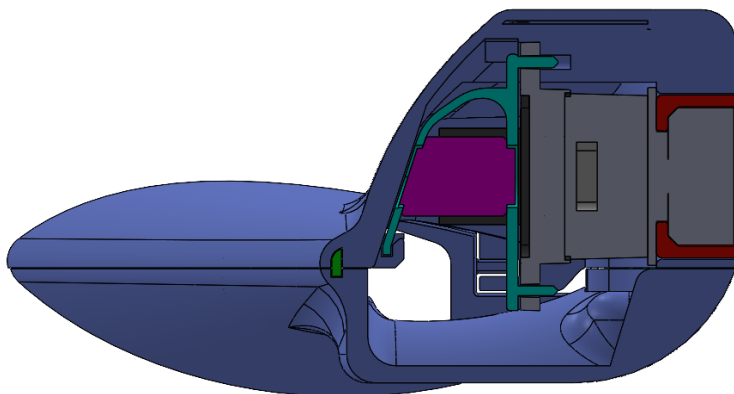
Po obvodu pouzder byly navrženy 2 drážky (Viz. Obr. 47), do kterých se vloží pryžové gumičky. Tímto bude dosaženo dostatečného utěsnění pouzder a elektroniky uvnitř od okolních vlivů jako je voda, nečistoty, apod.



Obrázek 47 Utěsnění kamerového pouzdra

4.4.5 UCHYCENÍ KAMERY V POUZDŘE

Uvnitř pouzdra byla vytvořena jednotlivá vybrání pro úchyty coveru kamery Basler a tím zajištěno uchycení v příčném směru. Uchycení v podélném směru bylo z hlediska snadné montáže vyřešeno deformovatelnou záložkou v drážce, pojištěnou proti nežádoucímu uvolnění rozpěrným válečkem (Viz. Obr. 48). Před objektiv bude navíc nasazena objímka, tištěná metodou DLP (Viz. Obr. 49), pro vymezení a utěsnění prostoru mezi kamerkou a pouzdrem.



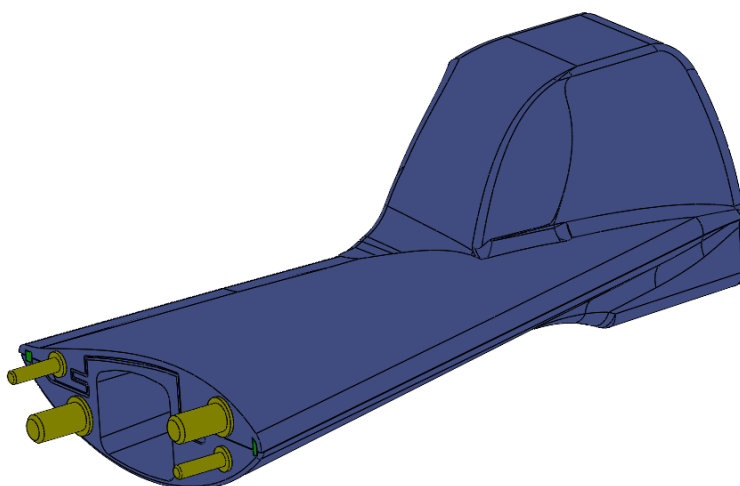
Obrázek 48 Uchycení kamery v pouzdře



Obrázek 49 Tisk přídavných komponent metodou DLP

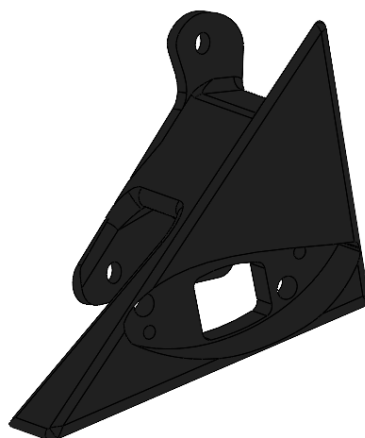
4.4.6 PŘICHYCENÍ KAMEROVÉHO POUZDRA NA ZKUŠEBNÍ VOZIDLO

Pro samotné uchycení pouzder byl zvolen návrh se závitovými vložkami, které se za tepla nalisují do předpřipravených otvorů na výstupu pouzder. Byly použity rozměry 2x M4 a 2x M8.



Obrázek 50 Přichycení pouzdra pomocí nalisovaných závitových vložek

Pro zkušební vůz byl navíc ještě vytvořen přídavný pomocný držák tak, aby bylo možné provést testování celého systému na zkušebním vozidle ve vyhodnocovací části této bakalářské práce.



Obrázek 51 Uchycení k rámu zkušebního vozu



Obrázek 52 Kamerové pouzdro s uchycením ve fyzické podobě

Jako zkušební vůz pro tento snímací kamerový systém byl zvolen jeden z testovacích prototypů katedry, který nejlépe vyhovoval požadavkům na montáž vyvíjeného snímacího systému.



Obrázek 53 Vozidlo pro testování snímacího kamerového systému



Obrázek 54 Umístění kamerového snímacího systému na zkušebním vozidle

4.5 NÁVRH A IMPLEMENTACE ZOBRAZOVACÍCH DISPLEJŮ

Jelikož v rámci celého projektu Titan nebyla zveřejněna designová studie interiéru a nebylo možné využít žádnou předlohu palubové desky, bude se tento návrh zaměřovat pouze na přizpůsobení a umístění displejů pro otestování systému na zkušebním voze.

4.5.1 VOLBA DISPLEJŮ

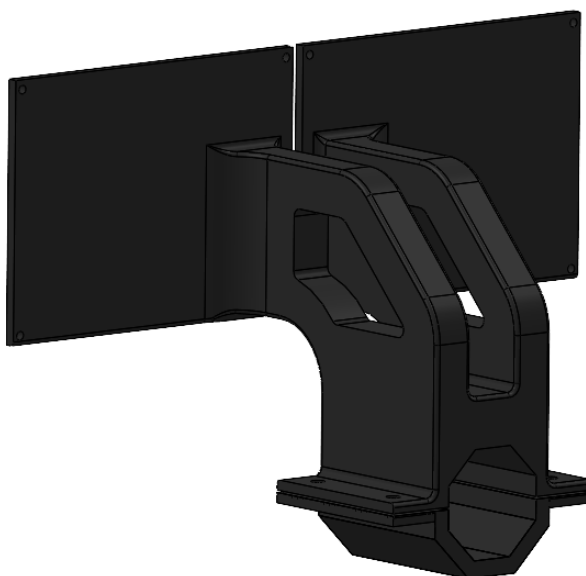
Zachycený obraz bude přenášen na 2 displeje umístěné na vhodném místě uvnitř kabiny zkušebního vozu. Jako zobrazovací displeje byly zvoleny dva modely Waveshare 7". Jedná se o kapacitně dotykový IPS LCD displej s úhlopříčkou 7", rozlišením 1024 x 600 px a HDMI vstupem. [22]



Obrázek 55 Displej Waveshare, převzato [22]

4.5.2 UMÍSTĚNÍ DISPLEJŮ NA ZKUŠEBNÍM VOZE

Elektromobil Titan má být velice unikátním vozidlem, rozhodli jsme se zde proto s vedoucím práce trochu experimentovat a vyzkoušet umístění zobrazovacích displejů pod volantem. Pro tyto účely byl vytvořen univerzální držák obou displejů, který se přichytil na sloupek volantu na zkušebním voze (Viz. Obr. 56).



Obrázek 56 3D model držáku zobrazovacích displejů



Obrázek 57 Umístění zobrazovacích displejů na zkušebním voze

Pokud by se takové umístění pod volantem v rámci testování neosvědčilo, přiklonilo by se k variantě umístění zobrazovacích displejů uvnitř kabiny v oblasti A-sloupků do míst tam, kde obvykle najdeme klasická zpětná zrcátka.

4.5.3 NAPÁJENÍ A ZAPOJENÍ SYSTÉMU

Předpokládá se, že snímací kamerový systém bude ve voze StudentCar Titan připojen k palubnímu počítači a jeho displeje se stanou součástí celého infotainmentu tohoto ojedinělého elektromobilu.

Abychom mohli tento systém otestovat na zkušebním vozidle, pro napájení displejů a k zobrazení získaných informací o nepřímém výhledu postačí připojení systému na laboratorní laptop (Viz. Obr. 58).



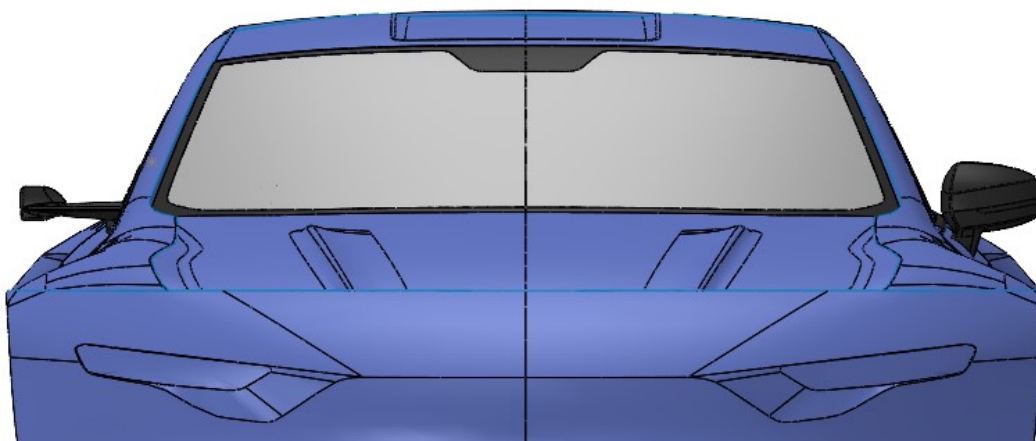
Obrázek 58 Zapojení snímacího kamerového systému na zkušebním vozidle



Obrázek 59 Navržený snímací kamerový systém ve fyzické podobě

5 TESTOVÁNÍ A SROVNÁNÍ

Testování snímacího kamerového systému bude zároveň porovnáváno s konvenčním způsobem nepřímého výhledu z vozidla pomocí klasického zpětného zrcátka na zvoleném zkušebním voze.



Obrázek 60 Srovnání nepřímého výhledu z vozidla

5.1 SROVNÁNÍ HMOTNOSTI A PLOCH

Co se týče srovnávání hmotnosti, kamerové pouzdro, současně se všemi funkčními částmi uvnitř jako jsou zobrazovací displeje, kamera a jejich příslušenství, se prokázalo být zhruba o 20 % lehčí než konvenční zpětné zrcátko modelu Audi A3. Z hlediska promítnuté plochy obou modelů v programu SolidWorks a celkové zástavby lze vypočítat, že kamerové pouzdro, které má přibližně o 63 % menší promítnutý obsah, bude mít znatelně menší aerodynamický odpor a pravděpodobně bude vyvíjet menší aerodynamický hluk vlivem proudícího vzduchu kolem pouzder. Detailní výsledky srovnání jsou znázorněny v Tab. 2.

Tabulka 2 Srovnání hmotnosti a promítnutých ploch

	Kamerové pouzdro (Titan)	Konvenční zpětné zrcátko (Audi A3)
hmotnost m [kg]	0,986	1,233
promítnutá plocha S [cm ²]	86,285	232,107

5.2 SROVNÁNÍ ZORNÉHO POLE

Testování zorného pole bylo provedeno ve volném prostranství areálu katedry na vymezeném prostoru. Pomocí pásma a metrů byly vyměřeny vzdálenosti a požadavky dříve stanové v normě EHK č. 46 tak, aby bylo v průběhu testování ověřeno, že oba systémy splňují základní požadavky.



Obrázek 61 Areál katedry vymezený k testování snímacího systému

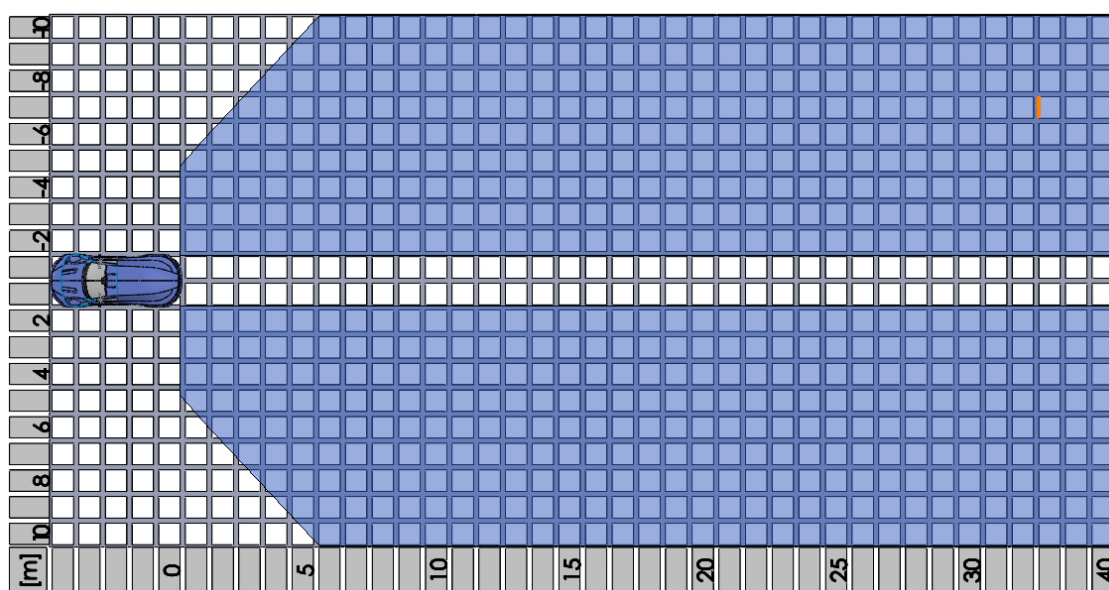
Nejdříve se testoval vyvíjený systém kamerového snímání a následně konvenční způsob. Vzhledem k současnému stavebnímu stavu na katedře, který probíhá v laboratořích, nebyl tento test v areálu proveden na zkušebním vozidle. Byly přesto dodrženy a odměřeny všechny pozice, ať vše odpovídá výchozímu umístění na zkušebním vozidle. Test vycházel pouze z dat naměřených na straně řidiče vozidla - pro zjednodušení uvažujeme totožné vyobrazení zorného pole i na straně spolujezdce. Z naměřených dat bylo vykresleno a srovnáno skutečné zorné pole (Viz. Obr. 64 a 65).



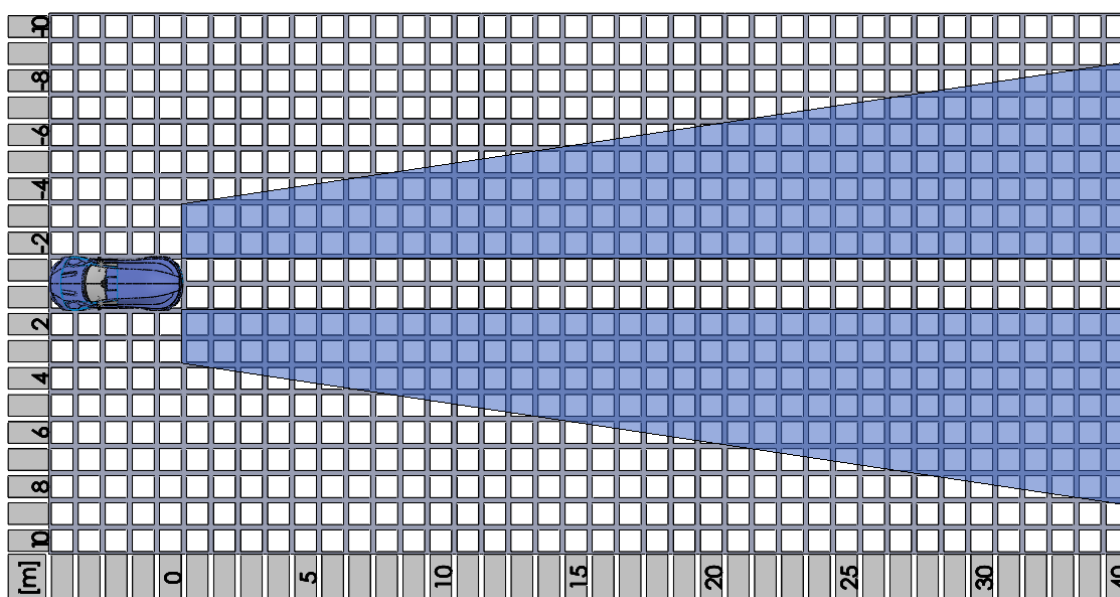
Obrázek 62 Test zorného pole snímacích kamer



Obrázek 63 Test zorného pole klasického zrcátka



Obrázek 64 Skutečné zorné pole snímacího kamerového systému



Obrázek 65 Skutečné zorné pole klasických zpětných zrcátek

5.3 TEST OBRAZU

Pro vyhodnocení obrazu, byla dle normy ISO 16505 vycentrována 1,68 m nalevo od středové osy vozidla šachovnicová tabule. Tabule se umístila do vzdálenosti 3,05 m (Viz. Obr. 66) a 4,57 m (Viz. Obr. 67), podélně od zdroje snímání. Rozměry šachovnicového grafu byly 100 cm na šířku a 80 cm na výšku, tedy plocha skládající se z 20 na šířku a 16 na výšku umístěných čtverců o straně 5 cm. Šachovnicová tabule byla umístěna ve výšce 18,8 cm nad zemí.

Mezi rozlišením obrazu poskytnutým klasickým zrcátkem (vlevo) a zobrazovacím displejem (vpravo) nebylo shledáno velkého rozdílu. Co se barev týče, zde displeje zobrazují trochu horší pestrost a některé barvy vypadají vybledlé. Rozpoznávání barevných signálů by to ovšem nemělo ovlivnit. Z teorie se prokázaly také určité rozdíly v tom, jak zobrazený obraz působí na člověka. Zatímco u zrcátek lze mírně měnit zorné pole natočením hlavy řidiče, displeji zobrazený obraz zůstává ze všech úhlu stejný a trochu se zde vytrácí informace o hloubce obrazu.



Obrázek 66 Zachycený obraz šachovnicové tabule dle ISO ve vzdálenosti 3,05 m



Obrázek 67 Zachycený obraz šachovnicové tabule dle ISO ve vzdálenosti 4,57 m

Závěrem bylo nutné v laboratoři odzkoušet chování kamery vůči osvětlení světelným zdrojem, které by se v provozu v reálných podmínkách projevovalo například od ostatních vozidel nebo jiných umělých či přirozených světelných zdrojů. Jako světelný zdroj byla použita svítidla s technologií LED.

Tento test na osvětlení cizím zdrojem přinesl kupodivu kladné závěry. Neprokázaly se obavy z toho, že by mohlo docházet k nežádoucímu rozostření nebo k nečitelnosti zachyceného obrazu. Osvícení od cizího zdroje se jeví jako bodové, vycházející ze svého zdroje, což je pro zobrazovaný obraz pozitivní. Oproti klasickému zrcátku zde navíc nebude docházet k oslnění řidiče světelným paprskem, který se v případě konvenčního řešení odráží od zrcátka.



Obrázek 68 Test obrazu po osvětlení LED svítlnou

Ve finále překvapilo i netradiční umístění displejů. I přes počáteční obavy se nakonec ukázalo, že displeje jsou dostatečné velikosti a pohled na ně není ničím omezen.

ZÁVĚR

Jelikož už dnes nahrazování klasických zpětných zrcátek snímacími systémy nebrání žádná legislativa, alespoň v Evropě, kde byly takovým požadavkům přizpůsobeny předpisy EHK, prokázala rozsáhlá rešerše současný nárůst této inovace nepřímého výhledu u široké škály nově vyráběných vozidel. Jde vidět, že se automobilky na tento trend snaží připravit a očekává se, že s rapidním nárůstem nových a nových elektromobilů budeme tento systém snímání nepřímého výhledu z vozidla vídávat na silnicích častěji.

Ohledně návrhu tohoto systému pro projekt Titan, bylo nutné začít navrhovat takový systém od základní stavební jednotky. Kamerky Basler od společnosti ATEsystem, se i přes mírné nedostatky, prokázaly být tím správným řešením. Pro vývoj byla velice přínosná možnost a ochota výrobce zapůjčit si potřebný model v počátku vývoje.

Vzhledem k charakteru elektromobilu Titan, jsem díky poskytnutým předlohám od hlavního designera projektu, mohl promyslet a navrhnout až 4 designové varianty. Po důkladné analýze jsme se shodli a přiklonili k rozpracování varianty A. Samotný vývoj kamerového pouzdra byl jedním z nejobtížnějších částí praktické části. Bylo nutné neustále přizpůsobovat vnitřní tvar pouzdra tak, aby bylo dosaženo dostatečného uchycení kamery Basler ve všech směrech. Díky technologiím tisku FDM/FFF a DLP, kterými je laboratoř katedry StudentCar vybavena, mohl vývoj probíhat velice rychle a potvrdily se zde hlavní přednosti technologie rapid prototyping. V neposlední řadě bylo nutné vyřešit otázku zobrazování zachyceného obrazu. K tomu posloužily dva, pod volantem umístěné displeje značky Waveshare, pro které byl vymodelován a vytisknut správně navržený držák.

Kompletní snímací systém bylo třeba otestovat na vozidle. K tomuto účelu byl vybrán zkušební vůz katedry určený pro tyto typy inovací. Při srovnání systému s klasickým zpětným zrcátkem Audi A3 se měřeními potvrdily očekávané přednosti snímacího systému v nižší hmotnosti a menších zástavbových rozměrech, což nejenom znatelně ovlivní aerodynamiku vozidla, ale přispěje ke zlepšení přímého výhledu. Navrhovaný snímací systém v těchto směrech předčil konvenční řešení se značnými rezervami. Podrobnějším testováním systému ve venkovním areálu katedry se také prokázalo, že skutečné zorné pole poskytované snímacím systémem pokrývá všechny důležité požadavky a nabízí toho k vidění znatelně víc, než klasické zpětné zrcátko. Mezi hlavní výhodu lze zařadit eliminaci mrtvého úhlu, která by se v případě klasického zrcátka musela kompenzovat přidavnou asférickou plochou. Z hlediska kvality obrazu, jeho chování a reakci na změnu okolních

podmínek nebyly testováním prokázány žádné větší nedostatky, které by v budoucnu mohly ovlivnit komfort anebo bezpečnost.

Z rozsáhlého testování tak na závěr vyplývá, že navržený snímací systém splňuje základní požadavky na funkci takového systému, coby inovativního způsobu snímání nepřímého výhledu z vozidla. Pokud by se v provozu prokázalo zaznamenané přehřívání čipu kamery, bylo by nutné implementovat do systému i zmíněné řešení tohoto nedostatku. Také by, zejména za zhoršených podmínek, mohlo docházet k nežádoucímu usazování kapek vody na čočce kamery. V takovém případě by bylo vhodné opatřit čočku kamery vodoodpudivým povlakem. Oslnění od cizích světelných zdrojů byly kamery schopny dostatečně potlačit.

Po vnější designové stránce byl tento návrh přizpůsoben celkovému designu vozu tak, aby mohl být po stylistických úpravách designu implementován na elektromobil Titan. Předpokládá se, že vnitřní zástavba se přizpůsobí charakteru interiéru a stane se nedílnou součástí infotainmentu elektromobilu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] InterRegs Spotlight: ECE Regulation on Rear Vision Updated to Permit Camera Based Systems. InterRegs: Global Vehicle Regulations [online]. Copyright © 2021 INTERREGS LIMITED [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://www.interregs.com/articles/spotlight/ece-regulation-on-rear-vision-updated-to-permit-camera-based-systems-000173>
- [2] ISO 16505:2015(en) Road vehicles — Ergonomic and performance aspects of Camera Monitor Systems — Requirements and test procedures [online]. [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:16505:ed-1:v1:en:fig:9>
- [3] Final Report Camera-Monitor Systems as a Replacement for Exterior Mirrors in Cars and Trucks [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: https://wiki.unece.org/download/attachments/25264588/IGCMS-II-07-17%20BAST%20Final_Report_CMS.PDF
- [4] Examination of a Prototype Camera Monitor System For Light Vehicle Outside Mirror Replacement [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13640-sidevisibilityreport_102518_v3-tag.pdf
- [5] Volkswagen XL1 [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2013/12/13/automobiles/the-volkswagen-xl1-a-possible-view-of-tomorrow.html>
- [6] Volkswagen XL1 [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/fotogalerie-volkswagen-xl1-2015/2/>
- [7] Lambo Style Doors [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://carbuzz.com/features/the-coolest-doors-on-everyday-cars>
- [8] Lexus ES [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://newsroom.lexus.eu/digital-side-view-monitors-now-available-on-the-lexus-es-luxury-sedan-in-europe/>
- [9] Audi e-tron [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/e-tron-rozcestnik/e-tron/virtualni-vnejsi-zpetna-zrcatka>
- [10] Audi e-tron [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/audi-at-the-2019-ces-11175/the-audi-e-tron-11181>
- [11] Honda e [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://www.honda.co.uk/engineerroom/electric/ev/honda-e-from-concept-to-production/>
- [12] Honda e [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://hondanews.eu/cz/cs/cars/models/honda-e-2020>
- [13] Mercedes-Benz Actros [online]. [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.daimler.com/products/trucks/mercedes-benz/sideguard-assist-and-mirrorcam.html>

- [14] Mercedes-Benz Actros [online]. [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.caradvice.com.au/868744/australian-first-truck-camera-mirrors-point-to-technology-coming-to-cars/>
- [15] Koenigsegg Gemera [online]. [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.koenigsegg.com/gemera/design/>
- [16] Koenigsegg Gemera [online]. [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.koenigsegg.com/gemera/sasha-interview/>
- [17] Sightstream®, a new camera system | Valeo. Valeo | smart technology for smarter mobility [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/en/sightstream/>
- [18] Valeo Sightstream [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://eu.freep.com/story/money/cars/mark-phelan/2016/07/02/high-def-sideview-cameras-valeo/86559382/>
- [19] ATEsystem. ATEsystem [online]. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://eshop.atesystem.cz/d/851088/daa1920-160uccs-mount>
- [20] M118B0418IR ATEsystem. ATEsystem [online]. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://eshop.atesystem.cz/d/837267/m118b0418ir>
- [21] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 46 – Jednotná ustanovení pro schvalování zařízení [online]. Copyright © Evropská unie, [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: [https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42010X0710\(06\)](https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42010X0710(06))
- [22] Waveshare 7" dotykový LCD (H) displej, 1024x600, IPS, kapacitní, HDMI,. RPishop.cz [online]. Copyright © Copyright 2021 RPishop.cz. [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://rpishop.cz/displeje-monitory/1476-waveshare-7-dotykovy-lcd-h-displej-10>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

m [kg] hmotnost

S [cm²] plocha

C_x [-] součinitel odporu vzduchu

tj. to je

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Zorné pole snímací kamery, převzato [2]</i>	15
<i>Obrázek 2 Definovaná velikost zobrazovacího displeje, převzato [2]</i>	15
<i>Obrázek 3 Blokové schéma snímacího systému, převzato [2]</i>	16
<i>Obrázek 4 Funkční struktura snímacího systému, převzato [2]</i>	16
<i>Obrázek 5 Srovnání zorného pole, převzato [4]</i>	21
<i>Obrázek 6 Srovnání kvality obrazu, převzato [4]</i>	21
<i>Obrázek 7 Volkswagen XL1, převzato [6]</i>	24
<i>Obrázek 8 Snímací kamera VW XL1, převzato [6]</i>	24
<i>Obrázek 9 Zobrazovací displej VW XL1, převzato [6]</i>	25
<i>Obrázek 10 Lexus ES, převzato [8]</i>	26
<i>Obrázek 11 Digitální zpětné zrcátko Lexus ES, převzato [8]</i>	26
<i>Obrázek 12 Zobrazovací displej Lexus ES, převzato [8]</i>	27
<i>Obrázek 13 Audi e-tron 2019, převzato [9]</i>	28
<i>Obrázek 14 Virtuální zpětné zrcátko Audi e-tron, převzato [9]</i>	28
<i>Obrázek 15 Zobrazovací displej Audi e-tron, převzato [9]</i>	29
<i>Obrázek 16 Honda e, převzato [12]</i>	30
<i>Obrázek 17 Snímací kamera Honda e, převzato [12]</i>	31
<i>Obrázek 18 Digitální palubová deska Honda e, převzato [12]</i>	31
<i>Obrázek 19 Mercedes-Benz Actros, převzato [14]</i>	32
<i>Obrázek 20 Snímací kamera M-B Actros, převzato [14]</i>	33
<i>Obrázek 21 Umístění zobrazovacích displejů M-B Actros, převzato [14]</i>	33
<i>Obrázek 22 Koenigsegg Gemera, převzato [15]</i>	34
<i>Obrázek 23 Snímací kamera Koenigsegg Gemera, převzato [15]</i>	35
<i>Obrázek 24 Interiér Koenigsegg Gemera, převzato [15]</i>	35
<i>Obrázek 25 Valeo Sightstream u vozu BMW i3, převzato [18]</i>	36
<i>Obrázek 26 Snímací kamera Valeo Sightstream, převzato [17]</i>	37
<i>Obrázek 27 Palubní deska se systémem Valeo Sightstream, převzato [17]</i>	37
<i>Obrázek 28 Zjednodušený model elektromobilu Titan - předloha</i>	39
<i>Obrázek 29 Kamera Basler - daA1920-160uc, převzato [19]</i>	40
<i>Obrázek 30 Objektiv s pevným ohniskem Basler - M118B0418IR, převzato [20]</i>	40
<i>Obrázek 31 Kamerový systém Basler ve fyzické podobě</i>	40
<i>Obrázek 32 Pole výhledu zrcátek třídy III, převzato [21]</i>	41
<i>Obrázek 33 Test zorného pole kamerového systému Basler</i>	41
<i>Obrázek 34 Teoretické znázornění zorného pole</i>	42

<i>Obrázek 35 Záznam z termokamery.....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 36 Příklad pasivního chladiče.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 37 Varianta A - vnější design</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 38 Varianta B - vnější design</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 39 Varianta C - vnější design</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 40 Varianta D - vnější design.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 41 Pouzdro snímací kamery - varianta A.....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 42 Zkušební tisk metodou FDM/FFF</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 43 Prvotní 3D tisk kamerového pouzdra</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 44 Finální verze kamerového pouzdra</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 45 Horní polovina kamerového pouzdra.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 46 Spodní polovina kamerového pouzdra</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 47 Utěsnění kamerového pouzdra</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 48 Uchycení kamery v pouzdře</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 49 Tisk přídatných komponent metodou DLP</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 50 Přichycení pouzdra pomocí nalisovaných závitových vložek.....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 51 Uchycení k rámu zkušebního vozu</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 52 Kamerové pouzdro s uchycením ve fyzické podobě</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 53 Vozidlo pro testování snímacího kamerového systému</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 54 Umístění kamerového snímacího systému na zkušebním vozidle.....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 55 Displej Waveshare, převzato [22]</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 56 3D model držáku zobrazovacích displejů.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 57 Umístění zobrazovacích displejů na zkušebním voze.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 58 Zapojení snímacího kamerového systému na zkušebním vozidle</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 59 Navržený snímací kamerový systém ve fyzické podobě.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 60 Srovnání nepřímého výhledu z vozidla</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 61 Areál katedry vymezený k testování snímacího systému</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 62 Test zorného pole snímacích kamer</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 63 Test zorného pole klasického zrcátka.....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 64 Skutečné zorné pole snímacího kamerového systému</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 65 Skutečné zorné pole klasických zpětných zrcátek.....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 66 Zachycený obraz šachovnicové tabule dle ISO ve vzdálenosti 3,05 m.....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 67 Zachycený obraz šachovnicové tabule dle ISO ve vzdálenosti 4,57 m.....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 68 Test obrazu po osvětlení LED svítilnou.....</i>	<i>61</i>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Srovnání konvenčních zrcátek a snímacích kamer, převzato [3]	17
Tabulka 2 Srovnání hmotnosti a promítnutých ploch.....	57

